

MASTER'S THESIS

Robotica binnen Toekomstbestendig Onderwijs

Een onderzoek naar manieren waarop robotica kan worden ingezet binnen het primair onderwijs.

Bethlehem, Anna

Award date:
2020

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 05. May. 2023

Open Universiteit
www.ou.nl



Robotica binnen Toekomstbestendig Onderwijs

Een onderzoek naar manieren waarop robotica kan worden ingezet binnen het primair onderwijs

Robotics in Future-Proof Education

A research in ways on how to use robotics in primary education

A Group Concept Mapping Study

Anna Catharina Bethlehem

Master Onderwijswetenschappen

Open Universiteit

Inleverdatum: 20 mei 2019

1^e begeleider: Prof. dr. M. Specht

2^e begeleider: Dr. S. Stoyanov

Inhoudsopgave:

	blz.
Samenvatting	3
Summary	4
1. Inleiding	5
2. Theoretische achtergrond	6
2.1 Robots	6
2.1.1 De opkomst van de robot	6
2.1.2 Wat is een robot	7
2.2 De inzet van robots in het primair onderwijs	7
2.2.1 Functies van robots in het onderwijs	8
2.2.2 Toepassingen van robots in het onderwijs	9
2.2.3 Robots in relatie met STEM-STEAM-/Maakonderwijs	11
2.3 De laatste ontwikkelingen op het gebied van robot-inzet en resultaten	13
3. Methode	14
3.1 Participanten	15
3.2 Materialen	15
3.3 Procedure	16
3.3.1 Voorbereiding	16
3.3.2 Brainstorm (genereren ideeën)	16
3.3.3 Statements synthese	16
3.3.4. Sorteren en waarden (structureren van statements)	17
3.3.5 Data-analyse	17
3.3.6 Interpretatie	17
4. Resultaten	18
4.1 De relatie tussen de individuele statements: Pointmap	18
4.2 Het categoriseren van de statements in clusters: Clustermap	19
4.3 Beoordeling van de statements: Clusterratingmap	20
4.4 De samenhang van de waardering van de clusters: Pattern match	22
4.5 Prioriteiten op het gebied van belangrijkheid en haalbaarheid voor implementatie:	
Go-zone	22
4.6 Interpretatieworkshop	23
5. Conclusie en discussie	24
5.1 Beperkingen onderzoek	28
5.2 Mogelijkheden voor vervolgonderzoek	28
Referenties:	29
Bijlagen:	35

Samenvatting

De kinderen van nu zullen opgroeien met robots. De arbeidsmarkt verandert en ontwikkelingen gaan sneller dan ooit door digitalisering en robotisering. In de nabije toekomst worden veel nieuwe technische arbeidskrachten verwacht. Technische studies spreken maar een kleine groep studenten aan en worden weinig gekozen. In het primair onderwijs wordt nog weinig aandacht besteed aan robotica, terwijl het inzetten van educatieve robots een middel kan zijn om leerlingen te enthousiasmeren voor techniek en ze voor te bereiden op de toekomst. Leerlingen kunnen: (a) robots bouwen, programmeren en, bijvoorbeeld, laten bewegen; (b) zien hoe leuk het werken met robots kan zijn.

Het doel van dit onderzoek is om te inventariseren op welke manieren robotica kan worden ingezet binnen het primair onderwijs. Er zal een top vijf van aanbevelingen worden opgesteld uit de gezamenlijk gedragen aanbevelingen, omdat deze een realistisch beeld geven van belangrijkheid en haalbaarheid/implementatie van robotica.

Dertig mensen registreerden zich aanvankelijk in de *concept mapping* webomgeving maar het daadwerkelijke aantal mensen dat een effectieve bijdrage leverde, varieerde van 19-21 personen. De werving verliep moeizaam via e-mail en daarom werd in een later stadium gebruik gemaakt van sociale media. De meeste participanten werden verzameld via *snowball-sampling*.

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van de participerende *mixed-method Group Concept Mapping* (GCM) welke werd ontwikkeld door Trochim (1989). GCM is een gestructureerde methode die de geformuleerde, gesorteerde en gewaardeerde ideeën/statements van de deelnemers in kaart brengt. De deelnemersgroep werd vertegenwoordigd door: leerkrachten, docenten, werkvelddeskundigen (ICT, robotica), onderzoekers, bedrijfsmanagers en beleidsdeskundigen.

De data-analyse van de gegevens is door middel van multidimensionale schaaltechnieken en een hiërarchische clusteranalyse uitgevoerd. Deze analyse resulteerde in een verdeling van de, door de participanten geformuleerde, statements in vijf thema's (clustering van statements): implementatie, missie, kennis en vaardigheden, aanpak, visie. Uit de resultaten blijkt dat de thema's 'Kennis en vaardigheden' en 'Aanpak' als relatief belangrijk worden gezien. Het thema 'Kennis en Vaardigheden' wordt naast belangrijk ook relatief haalbaar gevonden en de statements uit dit cluster scoren hoog op zowel belangrijkheid als haalbaarheid/implementatie.

Een conclusie is dat, volgens de participanten, programmeren de meest belangrijke en haalbare manier is waarop robotica kan worden ingezet op korte termijn. In de literatuur wordt aangegeven dat een robot wellicht de eenvoudigste manier/het eenvoudigste systeem is dat in de klas kan worden gebouwd waarbij kennis en vaardigheden kunnen worden opgedaan van zowel elektronica als programmeren. Tenslotte zal dit onderzoek bijdragen aan de kennis naar manieren waarop robotica kan worden ingezet binnen het primair onderwijs.

Keywords: robotica, primair onderwijs, *group concept mapping*

Summary

We are entering an age in which children will grow up with robots for lifetime. Labour market changes and developments go faster than ever by digitization and robotization. In the near future, many new technical labour forces will be needed. Meanwhile technical studies are not at the interest of a large group of students. Many students don't like technology, so they won't choose for it. Primary schools pay little attention to robotics, while the use of educational robots can be a tool to enthusiasm school pupils for technic and to prepare them for the future. In this way, children can: (a) build robots, do programming and, for example, they can move robots around; (b) see how pleasant working with robots can be.

The aim of this study is to identify ways in which robotics can be used in primary education. A list of top five recommendations will be made out of jointly supported recommendations, because they give a realistic picture of priorities and feasibility/implementation of robotics.

Thirty people were registered in the concept mapping web environment but the actual number of people that made an effective contribution varied from 19-21 people. Recruitment was initially difficult. Therefore social media was used at a later stage. Most of the participants were recruited through snowball-sampling.

To answer the research question the participatory mixed-method Group Concept Mapping (GCM), which was developed by Trochim (1989), has been used for gathering ideas about the use of robots. The system has sorted and valued ideas of the participants in a structured manner. The participant group was represented by: teachers, field experts (ICT, robotics), researchers, business managers and policy experts in the field of education.

The data analysis has been performed by a hierarchical cluster analysis and multidimensional scaling techniques. This analysis resulted in the distribution of statements in five themes (clustering of statements): implementation, mission, knowledge and skills, approach, vision. The results indicate that the themes 'Knowledge and skills' and 'Approach' are seen as relatively important by the participants. The theme 'Knowledge and skills' has been found also relatively feasible and the statements from this cluster scored the highest on both importance and feasibility.

One conclusion is that, according to the participants, programming is the most important and feasible way in which robotics can be used in the short term. It is indicated in the literature that robots are perhaps the simplest way/the simplest system that can be built in the classroom, where knowledge and skills can be gained from both electronics and programming. Finally this research contributes in providing ways on how to use robotics in primary education.

Keywords: robotics, primary school, group concept mapping

1. Inleiding

Door digitalisering en robotisering verandert de wereld om ons heen. Beroepen die voorheen door mensen werden uitgevoerd worden momenteel gedigitaliseerd of uitgevoerd door robots. Deze ontwikkeling brengt een veranderende vraag naar kennis en vaardigheden bij arbeidskrachten met zich mee. De meest gevraagde beroepen of specialiteiten in tegenwoordige bedrijfstakken bestonden tien of zelfs vijf jaar geleden niet (Kirschner & Stoyanov, 2018). Daarnaast zullen veel banen waarvoor leerlingen worden opgeleid, verdwenen zijn tegen de tijd dat ze hun studie of opleiding hebben afgerond (Walma van der Molen & Kirschner, 2017).

De ontwikkelingen op de arbeidsmarkt gaan sneller ooit dan en daarom is het van belang om op deze veranderende arbeidsmarkt te kunnen anticiperen. (Kirschner & Stoyanov, 2018). In de nabije toekomst worden veel nieuwe technische arbeidskrachten verwacht. Friese bedrijven, waaronder Philips Drachten, hebben gezamenlijk als innovatiecluster hierop geanticipeerd door in 2017 alle Friese basisscholen een robot (Meccanoid 2.0 XL) en een lespakket (handleiding bouwen/programmeren) te geven (Innovatiecluster, 2017). Op deze manier kunnen leerlingen: (a) robots bouwen, programmeren en laten bewegen; (b) zien hoe leuk het werken met robots kan zijn.

Nieuwe banen, nieuwe vormen van samenwerken en nieuwe technologieën bepalen hoe de arbeidsmarkt en het leven er straks zal uitzien voor kinderen die nu de basisschoolleeftijd hebben of op de middelbare school zitten (PO-Raad, 2017). Door verdergaande digitalisering en robotica zullen in de toekomst zeker banen verdwijnen (Went & Kremer, 2015) maar er zullen ook nieuwe en andere banen bijkomen (Autor, 2015). Cognitieve, technische en sociaal-emotionele vaardigheden zijn nodig om te slagen op de digitale arbeidsmarkt (OECD, 2017).

Een eerste probleem is dat de meeste scholieren techniek niet leuk vinden en kiezen voor andere opleidingen en beroepen (Fouarge, 2017). Mede daarom is in 2013 het ‘Nationaal Techniekpact 2020’ opgesteld door bedrijfsleven, onderwijs en overheid. Leerlingen worden geactiveerd en gestimuleerd om te kiezen voor techniek door in het primair onderwijs robotica en STEM aan te bieden, dat staat voor: Science, Technology, Engineering en Mathematics (Europese Commissie 2018; Innovatiecluster, 2017; Rijksoverheid, 2013, 2018). Een tweede probleem is dat robots steeds meer hun intrede doen, ook in relatie met STEM, maar binnen het primair onderwijs wordt hieraan (nog) niet zoveel aandacht besteed (Slangen, 2016).

Het doel is om te inventariseren op welke manieren robotica kan worden ingezet binnen het primair onderwijs. In de theoretische achtergrond wordt het doel ondersteund door een verkennend onderzoek naar functies en toepassingen voor het gebruik van robot binnen het primair onderwijs, ook in relatie met andere vak- en leergebieden.

De centrale vraag in dit onderzoek is: Welke manieren zijn belangrijk en haalbaar/implementeerbaar bij het inzetten van robotica binnen het primair onderwijs? Naast de centrale onderzoeksvraag zijn drie subvragen te onderscheiden: (1) wat vinden participanten

belangrijk in de manier waarop robotica ingezet zou kunnen worden in het primair onderwijs?; (2) wat vinden participanten haalbaar/implementeerbaar in de manier waarop robotica ingezet zou kunnen worden in het primair onderwijs?; (3) wat is de relatie tussen robots en andere gebieden?

2.Theoretische achtergrond

2.1 Robots

In hoofdstuk 2.1.1 wordt de opkomst van de robot beschreven, vervolgens staat in hoofdstuk 2.1.2 omschreven ‘wat is een robot’. Aan de hand van figuur 1 wordt in de hoofdstukken 2.2, 2.2.1, 2.2.2 en 2.2.3 onderzocht op welke manieren robots kunnen worden ingezet binnen het primair onderwijs. Tenslotte staan in hoofdstuk 2.3 de laatste ontwikkelingen op het gebied van robot-inzet en resultaten beschreven.

2.1.1 De opkomst van de robot

Het woord ‘robot’ is afgeleid van het Tsjechische woord ‘robota’ en betekent gedwongen arbeid. De Tsjechische schrijver Karel Čapek gebruikte het woord in 1921 in zijn toneelstuk R.U.R. wat staat voor Rossum’s Universele Robots. De robots waren reproducerende uitvoerende krachten in een fabriek en deze namen menselijke arbeid over. Hiertegen kwamen de robots in opstand (Higbie, 2013; Van Driel, 2016). Het toneelstuk leidde als inspiratiebron voor science fiction boeken en films, waarbij vaak sprake was van een confrontatie tussen mens en robot (Moss, 2018).

In 1950 is een experiment met een zogenoemde *Machina speculatrix* in een wetenschappelijk artikel vermeld. Het ging om een robotachtig uitziende schildpad die bestond uit twee vacuümbuizen, twee motoren, een fotocel en met een soort sensor welke reageerde op aanraking van obstakels (Grey, 1951). Robots die binnen de industrie worden gebruikt verschillen weinig van de originele welke in 1961 bij General Motors werden ingezet. Het zijn nog steeds robot armen die kort cyclische bewerkingen uitvoeren, zoals: lassen, spuiten, assembleren, oppakken en neerzetten waarbij de bewegingen van A naar B voorgeprogrammeerd kunnen worden. Deze bewegingen zijn wel sneller, nauwkeuriger, veiliger en goedkoper geworden (Wisse, 2015).

Na de opkomst van industriële robots in de jaren zeventig en tachtig worden robots steeds meer voor andere toepassingen gebruikt, zoals in de gezondheidszorg (Dekker, 2016). Hiervoor worden robots gebruikt die in staat zijn om sociaal en emotioneel gedrag te laten zien, de zogenoemde sociale robot (Fong, Nourbakhsh, Dautenhahn, 2003). Een voorbeeld hiervan is zorgrobot Zora. De gesprekken van Zora met ouderen zijn ‘tele-operated’. De robot wordt bediend op afstand met behulp van een laptop en ingevoerde commando’s om Zora de juiste respons te geven. Er wordt dus door ouderen geen gesprek gevoerd met de robot maar met de mens achter de robot. (Van Driel, 2016). In huis zullen robots allerlei huishoudelijke activiteiten overnemen, zoals stofzuigen en dweilen, het gras

maaïen en thuisrobot ‘Pepper’ kan ook een praatje maken en emoties herkennen (Royakkers, Daemen, & Van Est, 2012).

Robots zijn wereldwijd aan een opmars bezig, met toepassingen variërend van chirurgische robots tot thuisrobots (Wisse, 2015) maar tegelijkertijd komt hierbij ook het ethische aspect om de hoek kijken. Een zorgrobot kan helpen binnen de zorg bij een operatie maar vraagtekens kunnen worden gezet bij het inzetten van autonome robots die opereren zonder continue leiding van mensen (Stahl & Coeckelbergh, 2016). Zowel ethische als ook maatschappelijke vraagstukken dringen zich op, zoals bijvoorbeeld bij de inzet van de bewapende robot (Royakkers et al., 2012).

Artificial Intelligence (AI) en robotica zijn de drijvende krachten achter de grote militaire en economische wapenwedloop. Autonome systemen kunnen sneller, slimmer en minder voorspelbaar zijn dan hun concurrenten (Omohundro, 2014). Echter vele robots zijn voor hun functioneren sterk afhankelijk van allerlei ondersteunende technologieën. Het zijn zogenaamde genetwerkte robots die worden ondersteund door diverse informatienetwerken en ze kunnen zonder die netwerken ook niet functioneren (Royakkers et al., 2012). Bij AI (kunstmatige intelligentie) worden mensen vervangen door machines. Maar bij *Intelligence Augmentation* (verhoogde intelligentie) is het de bedoeling om te zoeken naar complementariteit tussen mens en machine. Hierbij worden nieuwe technologieën ontwikkeld en getracht wordt deze toe te passen voor alle soorten werk (Went & Kremer, 2015). Als samenleving hebben wij de taak om leerlingen zo goed mogelijk op te leiden voor hun toekomst, inclusief hun toekomstige werksituatie (Walma van der Molen & Kirschner, 2017).

2.1.2 Wat is een robot

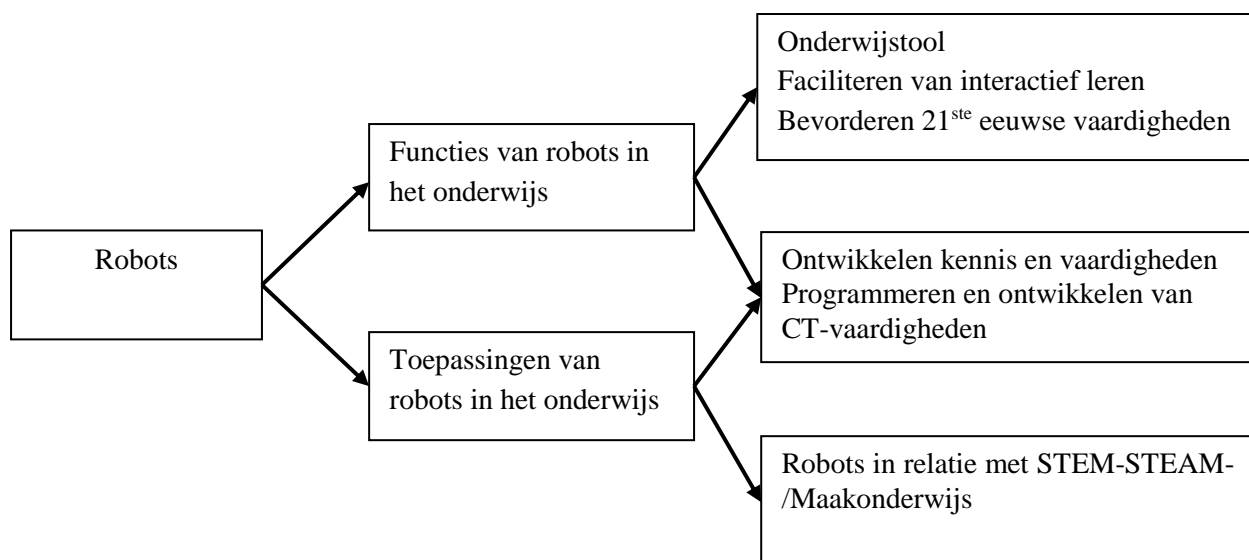
De invloed van robotica en AI zal ingrijpend zijn. Een belangrijk deel van de taken die mensen nu uitvoeren, is over 25 jaar overgenomen door een robot of een AI-systeem (Kennisnet, 2019). Maar binnen de maatschappij zullen nieuwe functies ontstaan: robots moeten worden gemaakt, geprogrammeerd en onderhouden (Went & Kremer, 2015).

Wat is eigenlijk een robot? Een robot is een systeem. Het is een groep van onderling verbonden en van elkaar afhankelijke onderdelen, ontworpen om collectief een doel te bereiken (Slangen, 2016). Robots zijn uit vijf kenmerkende onderdelen opgebouwd: een motor, een fysieke structuur (armen, benen, wielen), een krachtbron (batterij of zonnecellen), één of meerdere sensoren (om informatie op te nemen) en een computer. Het brein is de computer die alle andere onderdelen aanstuurt en regelt (SkillsDojo, 2017).

2.2 De inzet van robots in het primair onderwijs

In Nederland worden robots het meest ingezet bij programmeren (Benitti, 2012). In het Verenigd Koninkrijk is programmeren een verplicht onderdeel van het curriculum binnen het primair onderwijs (Hueck & Went, 2014).

Maar er zijn meerdere functies van robots in het onderwijs. Aan de hand van onderstaand figuur, figuur 1, wordt naast de functies ook ingegaan op de toepassingen van robots in het onderwijs en in relatie met andere gebieden. Tenslotte wordt er gekeken naar de laatste ontwikkelingen op het gebied van robot-inzet en resultaten.



Figuur 1. De inzet van robots in het primair onderwijs

2.2.1 Functies van robots in het onderwijs

Robots kunnen op verschillende manieren functioneren in het onderwijs (Benitti, 2012). Zo kunnen ze als onderwijstool aansluiten bij instructiedoelen door middel van onder andere de leerstof te herhalen en in te oefenen (Chang, Lee, Chao, Wang & Chen, 2010) of ze kunnen bijdragen aan het faciliteren van interactief leren (Chang et al., 2010; Mitnik, Nussbaum & Recabarren, 2009). Daarnaast kunnen ze zorgen voor het ontwikkelen van 21^{ste} eeuwse vaardigheden, zoals samenwerken en problemen oplossen (Barker & Ansorge, 2007).

Uit een review van Benitti (2012) over het gebruik van educatieve robots binnen het primair en secundair onderwijs (2006-2009), is gebleken dat de meeste onderzoeken beschrijvend van aard zijn. Er is weinig experimenteel onderzoek gedaan en het is niet bewezen dat de inzet van robots leidt naar betere prestaties. Robots worden dus het meest ingezet voor het leren programmeren en een aantal jongeren zullen gemotiveerd zijn om bijvoorbeeld de autotechniek in te gaan maar andere leerlingen raken gemotiveerd wanneer robots worden verbonden met het artistieke gebied, zoals het maken van interactieve kunstwerken. Aan die verschillen van onderwijsbehoeften moet volgens de onderzoekers meer aandacht worden besteed. Slechts een tweetal (experimentele) onderzoeken toonden aan dat robots kunnen functioneren binnen een breder gebied. In het eerste onderzoek zijn robots ingezet om de basisprincipes van de evolutie uit te leggen binnen interactief leren (secundair onderwijs). In het

tweede onderzoek zijn robots als onderwijstool ingezet bij kinderen met autisme, voor het ontwikkelen van sociaal-emotionele vaardigheden (primair onderwijs).

NAO-robots worden gebruikt bij kinderen met autisme (Van Straten, Smeekens, Barakova, Glennon, Buitelaar & Chen, 2018). Deze sociale humanoïde robot heeft mensachtige kenmerken zoals armen, benen, een gezicht en zintuigen (spraak en zicht). NAO-robots worden ook ingezet als onderwijstool bij instructie voor onder andere taal en rekenen (Kennisrotonde, 2018). Er is zelfs een Wikiwijs-pagina aangemaakt 'Taal en rekenen met de robot in het basisonderwijs' (Kennisnet, 2019).

In het primair onderwijs wordt echter nog niet veel gebruik gemaakt van robots. Wel is er al geruime tijd enige ervaring met het inzetten van interactief leren met behulp van Lego robots (Benitti, 2012). Leerlingen bouwen de losse onderdelen tot een systeem en kunnen de robot vervolgens aansturen met behulp van programmeertaal. Daardoor kan de robot een pad (richting) gaan en vervolgens een reeks van opdrachten autonoom uitvoeren, zoals: waarnemen, redeneren en handelen (*sense, reason* en *act*). Met behulp van een computer kunnen leerlingen er dus voor zorgen dat de robot een pad kan gaan, een reactie kan laten zien (bijvoorbeeld bewegen, dansen en/of zingen) en op tijd kan stoppen (Fanchamps, 2016; Slangen, Van Keulen & Gravemeijer, 2011).

Robots kunnen op verschillende manieren een bijdrage leveren in het primair onderwijs. Ook bevorderen robots de 21^{ste} eeuwse vaardigheden, zoals samenwerken en probleemoplossende vaardigheden (Cheng, Sun & Chen, 2018).

2.2.2 Toepassingen van robots in het onderwijs

De maatschappij van vandaag vraagt burgers die kennis en vaardigheden hebben om verantwoord en zinvol deel te nemen aan een op technologie gebaseerde wereld om hen heen (Slangen, 2016). Benitti (2012) geeft aan dat verder onderzoek nodig is naar het toepassen van robots in het ontwikkelen van onder andere denkvaardigheden, probleemoplossend denken en leren samenwerken.

Er is veel discussie rondom 21^{ste} eeuwse vaardigheden voor de toekomst. De meeste van deze vaardigheden waren ook al belangrijk in vorige generaties en eeuwen, waaronder creativiteit, maar ook probleemoplossend denken en samenwerken. Belangrijker is daarom te spreken over toekomstbestendig leren waarin leerlingen vaardigheden verwerven die nodig zijn om op een stabiele en bestendige manier te blijven leren in de snel veranderende, op technologie gebaseerde, wereld (Kirschner & Stoyanov, 2018).

Volgens Walma van der Molen en Kirschner (2017) zal toekomstbestendig leren moeten worden verrijkt met projecten/opdrachten die aanzetten tot analyseren, evalueren en creëren, het zogenaamde hogere-orde denken. In een onderzoek van Slangen (2016) werd geconcludeerd dat wanneer robots worden ingezet, het actief hoger-orde denken en denkgewoonten worden gestimuleerd om problemen op te lossen. Tijdens de uitvoering van de taken leerden de leerlingen (voorzien van een instructieboekje) hoe de software beter te gebruiken, hoe het probleem te analyseren en hoe de functies toe te passen. Om het onderzoekend of ontwerpend leren van leerlingen te ondersteunen moeten

leerkrachten beschikken over inhoudelijke kennis en didactische vaardigheden. De rol van de leerkracht is belangrijk bij robotonderwijs en als leerkrachten zelf leren programmeren dan zullen zij zich meer comfortabel voelen en robots kunnen inzetten als educatief middel (Benitti, 2012).

Uit recent onderzoek blijkt dat enige mate van instructie en begeleiding impact heeft op het probleemoplossend denkvermogen. Tijdens het bouwen en programmeren van Lego-robots aan leerlingen werd hen geleerd gebruik te maken van strategieën: hardop denken (wat moet ik doen) en het schrijven van reflectie (wat heb ik gedaan). Op deze manier kan robotica metacognitief en probleemoplossend denken bevorderen. Een metacognitieve denker denkt na; weet de geleerde strategieën toe te passen en reguleert hiermee probleemoplossend denken (Atmatzidou, Demetriadis & Nika, 2018).

Het nieuwe model van de 21^{ste} eeuwse vaardigheden bestaat uit 11 competenties, waaronder *computational thinking* (CT). CT is een praktische vaardigheid. Het gaat vooral om creatief denken over het inzetten van digitale tools om een probleem op te lossen. CT is een competentie die leerlingen nodig hebben voor de maatschappij van de toekomst. Een voorwaarde bij het oplossen van problemen, is het leren van een programmeertaal die bijdraagt aan het begrip van de mechanismes achter technieken en apparaten (Van der Maas, 2017). Inzicht hebben in *sense*, *reason* en *act*, de zogenoemde SRA-cyclus, stelt leerlingen in principe in staat een robot te programmeren die daadwerkelijk problemen oplost (Fanchamps, 2016). Op deze manier komen robots tot 'leven' en kunnen reageren op de omgeving, waarbij programmeertaal is opgebouwd uit algoritmes en procedures (Bers, 2010). Algoritmes zijn een reeks instructies die leiden vanaf een beginpunt in een bepaalde volgorde tot een bepaald doel. Procedures zijn een verzameling activiteiten die in een bepaalde volgorde moeten worden uitgevoerd (SLO, 2015). Programmeren met de SRA-cyclus zorgt voor een hogere analytische vaardigheid (Fanchamps, 2016).

Naast de kennis van leren lezen, schrijven en rekenen, is CT een belangrijke vaardigheid. Het leert leerlingen cognitieve activiteiten te beheersen en te controleren alsook problemen op te lossen en niet alleen bij computergebruik maar binnen alle disciplines (Wing, 2006). Het toepassen van robots is een middel om CT-vaardigheden te stimuleren en te ontwikkelen. Hierbij worden complexe cognitieve problemen opgelost (Atmatzidou & Demetriadis, 2016), zoals: visueel programmeren (via een computer), het testen op een robot (virtueel en/of fysiek), zodat een robot kan bewegen en/of praten (Chen, Shen, Barth-Cohen, Jiang, Huang & Eltoukhy, 2017).

Leerlingen kunnen al vanaf de onderbouw binnen het primair onderwijs in aanraking komen met robots en CT. Met behulp van eenvoudig te gebruiken visuele programmeertools kunnen leerlingen eenvoudige algoritmen ontwikkelen terwijl ze acties slepen en neerzetten in coderingsreeksen. De robot moet stap voor stap worden geprogrammeerd in de precieze volgorde waarin acties moeten worden uitgevoerd. In een onderzoek met Lego WeDo 2.0 robots (vanaf 9 jaar) is vastgesteld dat deze een positief effect kunnen hebben op het vermogen van jonge kinderen om correct te sequensen en debuggen (fouten opsporen). *Sequencing* (rangschikken) werd geïdentificeerd als het belangrijkste

computational denkconcept dat leerlingen leerden toen ze de bouw instructies volgden en hun robotprogramma ontwikkelden; het is een proces dat met de juiste boodschap moet worden gestuurd en in de juiste volgorde om het te laten werken (Chalmers, 2018; Kazakoff, Sullivan & Bers, 2013). Rangschikken is een belangrijke vaardigheid vanaf jonge leeftijd. Het navertellen van een verhaal in een logische volgorde, het zetten van getallen in de juiste volgorde zijn activiteiten die zowel in taal als rekenen/wiskunde voorkomen (Kazakoff et al., 2013).

De onderzoekers Cheng, Sun en Chen (2018) hebben onderzocht welke de meest belangrijke toepassingen voor educatieve robots zijn binnen alle niveaus van onderwijs. Via literatuur-reviews (2006-2016), expert-interviews en surveys, is hiervan een top vijf gemaakt: taalonderwijs, robotonderwijs, onderwijsassistent, sociale ontwikkeling/speciaal onderwijs en begeleid leren door middel van feedback. Per leeftijdsgroep verschillen de behoeften van robot-inzet. De onderbouw van het primair onderwijs, leeftijd 3-5, (*preschool*) is cruciaal wat betreft de taalontwikkeling en de ontwikkeling van sociale vaardigheden. In de toekomst kunnen educatieve robots worden geprogrammeerd om een dagelijks gesprek met kinderen te voeren in elke gewenste taal, zodat leerlingen op een natuurlijke manier diverse talen kunnen leren. Leerlingen op deze leeftijd kunnen snel gedrag imiteren en robots kunnen helpen de sociale vaardigheden te ontwikkelen door imitatiegedrag. Ook kunnen ze worden ingezet bij leerlingen met geestelijke en lichamelijke beperkingen. Op deze manier groeien alle jonge kinderen op tot een *robot native* generatie.

Een robot is wellicht de eenvoudigste manier/het eenvoudigste systeem dat in de klas kan worden gebouwd waarbij kennis en vaardigheden kunnen worden opgedaan van zowel elektronica als programmeren (Wyffels, Bruneel, Kindermans, D'Haene, Woestyn, Bertels & Schrauwen, 2011). Waardoor doet een robot wat hij doet? Als het gaat om kennis over robots, is het dus ook van belang dat leerlingen computers weten te gebruiken om een probleem op te lossen. Een robot kan via een app worden geactiveerd voor het helpen met kennisontwikkeling, zoals rekenen en taal en ook met vaardigheden als CT (Schnabel, Ten Dam, Douma, Ban Eijk, Tabarki, Van der Touw & Visser, 2016), omdat het leerlingen in staat stelt taken systematisch te verwerken en de stapsgewijze stap-voor-stap programmeeropdrachten te ontwikkelen/volgen die nodig zijn een robot 'dat te laten doen wat hij doet' (Chalmers, 2018).

2.2.3 Robots in relatie met STEM-STEAM-/Maakonderwijs

CT wordt in toenemende mate gezien als een belangrijke toevoeging in STEM-onderwijs. Binnen de huidige technologie-gerelateerde arbeidsmarkt is het verwerven van kennis en vaardigheden op het gebied van CT en techniek cruciaal voor het succes van een nieuwe generatie scholieren en daarom hoort hieraan aandacht te worden besteed binnen zowel het primair als ook het secundair onderwijs, volgens Eguchi (2014).

Uit de review van Benitti (2012) blijkt dat onderzoekers, educatieve robots toepassen in de STEM-gebieden om deze te ontwikkelen. Het gaat hier om het ontwikkelen van wetenschap,

technologie, techniek en wiskunde. Er zijn echter binnen de enkele experimentele onderzoeken tussen 2006-2009 geen significante resultaten behaald wat betreft robot-inzet in relatie met leerresultaten. Daarentegen zijn er in deze onderzoeken variabelen gevonden die bijdragen aan succes, namelijk de motivatie in actief leren neemt toe. De Rijksoverheid heeft in samenwerking met provincies en bedrijven uit deze provincies een techniekpact gesloten en wil onder andere dat kinderen kennis maken met STEM. Daarnaast wil de overheid basisschoolleerlingen door middel van robotica motiveren en activeren om voor techniek te kiezen (Rijksoverheid 2013, 2018).

In de Verenigde Staten wordt robotica gepromoot als een belangrijk deel van STEM en is de aandacht voor motiverend en actief robot-onderwijs hiervan onderdeel. Kinderen komen al op jonge leeftijd in aanraking met robots die zelf worden ontworpen/gebouwd en geprogrammeerd, voor onder andere robot competities (Costa, 2017). Robocupjunior (RCJ) is sinds 2000 een internationaal robot-initiatief om STEM onderwijs te promoten binnen het primair en secundair onderwijs. Leerlingen kunnen een robot maken die handelingen kan verrichten, zoals bijvoorbeeld voetballen of dansen. Ondanks het feit dat het om een competitie gaat, wordt de aandacht gevestigd op het toepassen van het educatieve aspect, zoals: onderzoeken (welke robot en wat moet deze kunnen doen), hoe werkt de techniek, het ontwerpen en het wiskundig berekenen om de robot de dingen goed te laten doen/uitvoeren. In een uitgevoerde survey-onderzoek uit 2012 (leeftijd 10-19 jaar) blijkt dat leerlingen vinden dat hun leren wordt verbeterd vooral binnen het onderzoeken, techniek en ontwerpen maar dat ze het meest leren in programmeren. Ook geven leerlingen aan dat vaardigheden in samenwerken, communicatie en CT worden verbeterd. In 2013 is er opnieuw een survey-onderzoek uitgevoerd, waaraan ook Nederlandse leerlingen hebben meegedaan en hierin worden de uitkomsten uit 2012 bevestigd (Eguchi, 2016).

In Vlaanderen zijn robotica en STEM een belangrijk aandachtspunt binnen het primair en secundair onderwijs. Robots worden toegepast om te leren programmeren ter promotie van technische opleidingen en beroepen. Er wordt gebruik gemaakt van lerende netwerken, in de vorm van platformen, die bestaan uit leerkrachten van zowel primair als ook secundair onderwijs. Tijdens bijeenkomsten wordt geprobeerd, samen met onder andere lerarenopleidingen en pedagogische begeleidingsdiensten, STEM binnen het onderwijs sterker uit te bouwen (Vlaamse Overheid, 2012).

Onderwijs voor de robottoekomst gaat niet alleen over het aanleren van een specifieke set technische vaardigheden ter voorbereiding op een beroep (Thomas, 2015). Daarom is de *A* van *Art* toegevoegd aan STEM. In de Verenigde Staten groeit STEAM in populariteit, met name binnen de zogenoemde K-12 scholen (funderend onderwijs). Hierdoor is er een veelvoud van interpretaties ontstaan over het STEAM-gebied en de inzet van (welke) *Art* (kunst) binnen het onderwijs. In een review is onderzocht hoe STEAM onderwijs is gedefinieerd in een studie tussen 2007 en 2018. De meeste artikelen beschreven dat het doel van STEAM was zowel de creativiteit als ook probleemoplossend denken te verbeteren maar hiervan zijn veelal geen resultaten zichtbaar gemaakt (Perignat & Buonincontro, 2019).

Ondertussen wordt *Maker Education* (maakonderwijs) steeds bekender, ook in Nederland. Deze vorm van onderwijs sluit aan bij STEAM (Gorissen, 2018). Maakonderwijs begon als een evenement, de zogenoemde *Maker Faire*. Dit is een jaarlijks terugkerend evenement voor *makers* en werd gelanceerd in 2006 door *Make Magazine* in Amerika (Eguchi, 2014). Inmiddels heeft het evenement zich verspreid over de wereld en is ook in Nederland, in Eindhoven, in 2018 georganiseerd en opnieuw in 2019. Onder andere leerlingen kunnen hiervoor een eigen robot maken.

Maakonderwijs sluit aan op bij wetenschap en techniek en maakt gebruik van ambachtelijke technologieën (bijvoorbeeld solderen, houtbewerking) alsook van moderne digitale technologieën (bijvoorbeeld 3D printers, microcontrollers). De iXpace is een leeromgeving in samenwerking met HAN Pabo en het primair onderwijs waarin onderzoek naar kennis en vaardigheden op het gebied van maakonderwijs plaatsvindt (Gorissen, 2018).

De overheid vraagt zich af of Nederland klaar is voor maakonderwijs. In een nieuwsbrief van de overheid wordt vervolgens vermeld dat het belangrijk is binnen de veranderende/vernieuwende technologie, te leren begrijpen hoe dingen werken en te ‘leren’ maken. Met maakonderwijs worden leerlingen en docenten ontwerper van leerervaringen waarin creativiteit en technologie samenkomen (Rijksoverheid, 2018).

2.3 De laatste ontwikkelingen op het gebied van robot-inzet en resultaten

Er is dus weinig experimenteel onderzoek te achterhalen over de inzet van educatieve robots binnen het primair onderwijs in het tijdsbestek 2006 tot en met 2009 (Benitti, 2012) en tussen 2006-2016 (Cheng et al., 2018). Hieronder volgen daarom twee voorbeelden van een: experimenteel onderzoek uit 2018 en een quasi-experimenteel onderzoek uit 2019. In beide onderzoeken zijn er naast de gedane robotactiviteiten ook resultaten verkregen over de motivatie van leerlingen en in beide artikelen zijn deze resultaten als positief vermeld. Daarnaast blijkt dat door de veelomvattendheid van *Art* binnen STEAM, het moeilijk is deze vorm van onderwijs te integreren in het curriculum (Sáez-López, Sevillano-García & Vazquez-Cano, 2019). Daarom volgt tenslotte een voorbeeld van een K-4 school (onderbouw primair onderwijs) in de Verenigde Staten die STEAM/maakonderwijs heeft geïntegreerd in het curriculum.

In 2018 heeft een experimenteel onderzoek plaats gevonden binnen het primair onderwijs (8-9 jarigen), met behulp van de (kleine) ‘Ozobot’ robot. Zowel de experimentele als de controlegroep werd gevraagd routes op papier te schrijven en voor de experimentele groep was de opdracht daarna de robots te programmeren en de oplossing te controleren door de robots de route te laten volgen. Uit het onderzoek kwam naar voren dat het combineren van CT en het werken met robots kan leiden tot een hogere motivatie bij zowel jongens als meisjes. (Merino-Armero, González-Calero, Cózar-Gutiérrez & Villena-Taranilla, 2018). Voor de motivatie-test werd gebruik gemaakt van het instrument: *Instructional Materials Motivation Survey* welke is ontworpen door Keller (2010).

Recent quasi-experimenteel onderzoek met behulp van de (kleine) robot 'mBot' toont aan er een verbetering plaatsvindt in het begrijpen van computationele concepten en in de prestaties van wiskundig rekenen, gerelateerd aan coördinaten en getallenbegrip. Daarnaast bleek uit observaties dat de motivatie van de leerlingen omhoog gaat door de inzet van robots en de actieve rol hierbij van leerlingen (Sáez-López et al., 2019).

In Pennsylvania (Verenigde Staten) is in 2018 een K-4 school geopend. Principes van STEAM/maakonderwijs zijn geïntegreerd in het curriculum en zijn gebaseerd op het bouwen met Lego bouwstenen. Samenwerking vindt dan ook plaats met *Lego Education*. Er wordt gebruik gemaakt van onder andere Lego WeDo 2.0 en Lego MINDSTORMS. Ook *High-School* leerlingen worden betrokken binnen de samenwerking met de kleuters (*peer-tutoring*). Ouders spelen een grote rol (onder andere de financiering). Het onderwijs en de leerkrachten worden ondersteund door de *Carnegie Mellon University* (CMU). Uit experimenteel onderzoek blijkt dat interactieve begeleiding een positief effect heeft op zowel de ontwikkeling van het leren (volgens leerplannen) als de motivatie van de leerling. Op deze manier wordt getracht de creativiteit en nieuwsgierigheid van leerlingen te stimuleren. STEAM onderwijs daagt de kinderen uit kennis en vaardigheden met plezier te leren in levensechte projecten met als uitgangspunt dat vaardigheden die worden geleerd later kunnen worden toegepast in bijna elke baan. Het doel is door te maken, de motoriek te stimuleren. Daarnaast wordt de taalontwikkeling gestimuleerd en worden de sociaal-emotionele en creatieve vaardigheden ontwikkeld. Leerlingen leren op kleuterniveau onder andere: onderzoeken, architectuur en bouwen, rekenen (vormen, sorteren), techniek (auto's bouwen en laten racen) maar ook 3D printen en kunst maken (animaties). Ook leerkrachten maken gebruik van interactieve begeleiding om de geplande lessen eigen te maken, welke gezamenlijk (onderzoekers en leerkrachten) worden opgesteld (Nagel, 2018).

3. Methode

Om te inventariseren welke manieren mensen uit het onderwijsveld en andere deskundigen vooral van belang en haalbaar/implementeerbaar achten voor de inzet van robotica binnen toekomstbestendig onderwijs, is gebruik gemaakt van Group Concept Mapping (GCM) die werd ontwikkeld door Trochim (1989). Stoyanov en Kirschner (2004) hebben GCM voorzien van een actie-georiënteerde format. Op deze manier worden deelnemers getriggert ideeën toe te voegen over het onderwerp.

GCM is een gestructureerde en participerende methode om vervolgens ideeën van een groep te verzamelen, te organiseren en te visualiseren op basis van dataverzameling en -analyse (Kirschner, 2017) in een *mixed-method design*. Dit is een onderzoeksontwerp dat zowel kwalitatieve als kwantitatieve technieken van onderzoek combineert (Trochim & McLinden, 2017). De *concept maps* die het resultaat weergeven, tonen de afzonderlijke ideeën in een tweedimensionale (x, y) vlak. De

verschillende ideeën van de participanten worden in beeld gebracht en te zien is hoe deze aan elkaar zijn gerelateerd (Trochim, 1993). Ook wordt in beeld gebracht hoe deelnemers de ideeën waarderen op belang en haalbaarheid (Kane & Trochim, 2007).

De participanten zijn anoniem en onafhankelijk van elkaar betrokken geweest bij verschillende activiteiten, zoals het genereren, sorteren en waarderen van ideeën/statements. Daarna zijn de individuele bijdragen verzameld en onderzocht op patronen in de data door twee multivariate statistische analyses: *multidimensional scaling* (MDS) en *hierarchical cluster* (HCA) (Kane & Trochim, 2007). Via statistische analyses is een objectieve beoordeling tot stand gekomen, namelijk hoe belangrijk is het onderwerp en hoe moeilijk/makkelijk is implementatie van het onderwerp (Kirschner, 2017). In dit geval dus de inzet van robotica binnen het primair onderwijs. Daarnaast heeft deze methode een suggestie gedaan welke acties geschikt zijn voor de korte en lange termijn en zijn de resultaten van het onderzoek visueel gepresenteerd in *concept maps*, de *pattern match* en de *go-zone*. Deze mappen zijn gebruikt als evaluatie en tenslotte is een lijst met aanbevelingen opgesteld (Kane & Trochim, 2007).

3.1 Participanten

GCM kenmerkt zich door processtappen waar een grote verscheidenheid aan participanten, met kennis van het onderwerp, deel van uitmaakt (Trochim, 1989). Voor het kiezen van de deelnemers werd eerst bepaald welke *stakeholders* belangrijk zijn en daarna werd gekeken welke deelnemers binnen de *stakeholders*-groepen benaderd zouden worden (Trochim & McLinden, 2017). Gekozen werd voor de basisscholen in Friesland die een gratis ,zogenoemde, EDU-robot hadden ontvangen (Innovatiecluster, 2017) en hierover berichten plaatsten op de Facebookpagina van EDU-robotics. Teamleden van deze scholen zijn gevraagd aan het onderzoek mee te doen, waarvan een deelnemer daadwerkelijk heeft meegedaan (Bijlage A1).

Om meer personen te bereiken is het gebied uitgebreid naar alle provincies en vervolgens is getracht deelnemers te vinden via Twitter en LinkedIn (Bijlage A2). Verschillende deelnemers uit het onderwijs/onderwijsveld, onderzoekers en ook een aantal experts uit bedrijfsleven en bestuursleden die verspreid wonen over het hele land hebben zich aangemeld, in totaal 30 personen. In tegenstelling tot andere onderzoeksmethoden waarbij vragenlijsten zijn ontworpen door de onderzoeker, is in GCM uitgegaan van de kennis van de participanten. Deze werden beschouwd als co-onderzoekers en niet als respondenten. Het genereren en structureren van de inhoud is tot stand gebracht door de participanten (Kane & Trochim, 2007).

3.2 Materialen

Voor dit onderzoek werd een web-omgeving ingericht met behulp van *de online group concept mapping tool* 'Concept System® Global Max™' (The Concept System® Global MAX™, 2016). De uitnodigingen voor het onderzoek zijn in eerste instantie per mail verzonden en in een later stadium is

ook gebruik gemaakt van sociale media (Twitter en LinkedIn). Alle correspondentie met de participanten is vervolgens via de mail verstuurd.

3.3 Procedure

De procedure bestaat uit zes stappen (Trochim & McLinden, 2017): voorbereiding, brainstorm (genereren ideeën), statements synthese, sorteren en waarderen (structureren van statements), data-analyse, interpretatie.

3.3.1 Voorbereiding. De voorbereiding heeft ongeveer twee tot drie maanden in beslag genomen. De belangrijkste activiteiten zijn geweest: het vaststellen van de focus, het kiezen van de participanten binnen de *stakeholder*-groepen en het opstellen van een voorlopige tijdsplanning. Na goedkeuring van cETO is een web-omgeving ingericht met behulp van de online *group concept mapping tool* Concept System® Global Max.

Voor het genereren van ideeën werden deelnemers getriggert een zin aan te vullen, de zogenoemde focus prompt. Deze luidde: "Een manier om robotica in te zetten binnen het primair onderwijs is..." De participanten zijn in eerste instantie via mailcontact benaderd om deel te nemen aan het GCM-onderzoek. Vervolgens vond werving plaats via sociale media, door middel van *snowball-sampling*.

3.3.2 Brainstorm (genereren ideeën). Na aanmelding aan het onderzoek 'Robotica binnen het primair onderwijs' hebben de deelnemers via de mail een link ontvangen om een account aan te maken die toegang gaf tot de (anonieme) web-omgeving (Concept System® Global Max) en speciaal voor dit onderzoek is ingericht (Bijlage A3). Na registratie werd het doel en de context van het onderzoek toegelicht (Bijlage A4). Vervolgens is een instemmingsverklaring getoond en deze kon de deelnemer accepteren of afwijzen. Ook kreeg de participant digitaal instructie te zien over de brainstorm en uitleg over de focus prompt, in de vorm van: 'Uw aanvullende zin bestaat uit een idee (statement)' 'U kunt zoveel mogelijk statements in het tekstvlak onder de focus prompt plaatsen als u wilt. Deze kunnen bestaan uit spontane ideeën en/of uit geraadpleegde bronnen (rapporten, boeken, artikelen)' (Bijlage A 5).

De web-omgeving was anoniem maar de ideeën van andere participanten waren zichtbaar (ter inspiratie). Met de gebruikersnaam en wachtwoord konden de deelnemers zo vaak als ze wilden terugkeren naar de web-omgeving om nieuwe statements toe te voegen. De tijdsindicatie was vastgesteld op ongeveer dertig minuten. Deze fase heeft van 20 september tot 8 oktober plaatsgevonden en er is een herinneringsmail verstuurd, welke dezelfde was als de eerste uitnodigingsmail.

3.3.3 Statements synthese. Nadat alle ideeën waren verzameld vond er een screening plaats, een zogenaamde statements synthese. De statements zijn gescreend op: a) per statement één idee, zodat unieke ideeën werden verkregen; b) relevantie; c) het aantal statements eventueel reduceren (bij een groot aantal statements); d) helder geformuleerd (Kane & Trochim, 2007). De synthese van de statements is uitgevoerd door de student-onderzoeker in twee sessies met een onderzoeker

onderwijswetenschappen, waarbij per statement is nagegaan of aan de bovengenoemde voorwaarden werd voldaan. De brainstorm leverde in totaal 50 statements op. Er was sprake van consensus over bijna alle statements, zodat er een lijst met 49 statements overbleef.

3.3.4 Sorteren en waarderen (structureren van statements). Alle participanten die zich hadden aangemeld voor deelname aan het onderzoek (via mail of sociale media), hebben wederom een verzoek (via mail) ontvangen om deel te nemen aan de sorteer- en waardeerfase (Bijlage A6). In deze fase konden ook nieuwe participanten zich aanmelden (Bijlage A7) en kregen deelnemers twee vragen over demografische gegevens: ‘Wat is uw expertise?’ en ‘Hoeveel jaar heeft u ervaring binnen uw vakgebied?’ Ook hebben de participanten digitaal instructie gekregen over sorteren en beoordelen (Bijlage A8).

Na het sorteren van de statements werd de participant gevraagd deze statements te waarderen op (a) belangrijkheid: ‘hoe belangrijk is deze specifieke manier om robotica in te zetten’ en (b) haalbaarheid: ‘hoe moeilijk of makkelijk kan deze specifieke manier worden geïmplementeerd’. Hiervoor is een 5-puntenschaal gebruikt van 1 (betrekkelijk onbelangrijk) tot 5 (extreem belangrijk) en 1 (zeer moeilijk te implementeren) tot 5 (zeer makkelijk te implementeren). De tijdsindicatie voor het sorteren en prioriteren was gesteld op ongeveer 45 minuten en de participanten hadden hiervoor de tijd van 31 oktober tot 30 november. Er is een herinneringsmail gestuurd (Bijlage A9). Nadat de termijn was gesloten, is een analyse op de resultaten gedaan.

3.3.5 Data-analyse. De data-analyse bij GCM bestaat uit een aantal gestructureerde stappen en deze zijn met behulp van het software programma ‘Concept System® Global Max™’ uitgevoerd. Twee geavanceerde multivariate statistische technieken zijn gebruikt: *multidimensional scaling* (MDS) en *hiërarchische cluster-analyse* (HCA). Door middel van MDS is elk idee als punt op een x- en y-as geplaatst (*pointmap*). Statements die vergelijkbaar zijn staan dicht bij elkaar en laten de onderlinge relatie van de ideeën zien. HCA laat zien waar het zinvol is de grenzen te trekken rond groepen van ideeën/statements. Op deze manier zijn vergelijkbare statements logisch gegroepeerd in clusters (Kane & Trochim, 2007).

3.3.6 Interpretatie GCM zorgt voor het samenvoegen van de individuele bijdragen van de participanten om patronen in de data te identificeren en de gemeenschappelijke interpretatie over het onderwerp aan te tonen. Alle data van de afzonderlijke participanten zijn aangetoond door middel van *concept maps* (*pointmap*, *clustermmap*, *clusterratingmap*), de *pattern match* en de *go-zone* (Kane & Trochim, 2007).

4. Resultaten

Dertig personen hebben zich geregistreerd voor het project, van wie 23 zijn gestart aan de brainstormfase en 19 daadwerkelijk hebben deelgenomen. De 19 participanten in de brainstorm genereerden aanvankelijk 50 statements waarvan 1 is verwijderd, omdat deze niet helder was geformuleerd. In totaal zijn 49 statements overgebleven (Bijlage B1). Drieëntwintig personen zijn gestart met het onderdeel sorteren. Deze 23 deelnemers deden ook mee aan de waardering van de statements op belangrijkheid en haalbaarheid. Negentien van de 23 deelnemers hebben een effectieve bijdrage geleverd aan de sorteefase. Met het waarderen op belangrijkheid en haalbaarheid zijn dezelfde 23 participanten gestart van wie respectievelijk 21 en 20 zijn opgenomen in de analyse, omdat meer dan 80% van de vragen werden ingevuld. Aan de interpretatieworkshop hebben 4 mensen deelgenomen. Tabel 1 geeft een overzicht van de deelnemers per GCM activiteit.

Tabel 1. *Overzicht deelnemers per GCM activiteit*

Deelnemersgroep	Brainstorm	Sorteren	Belangrijkheid	Haalbaarheid	Workshop
Leerkrachten	7	7	8	7	2
Docent	1	1	1	1	
Onderzoekers	3	3	3	3	1
Werkvelddeskundigen	4	4	5	5	
Bedrijfsmanager	2	2	2	2	1
Beleidsdeskundige	2	2	2	2	
Totaal	19	19	21	20	4

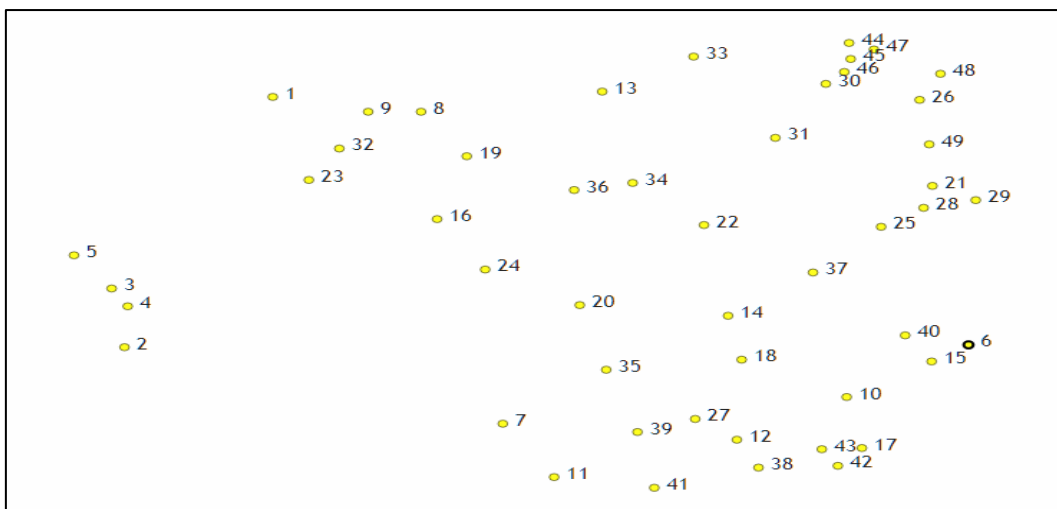
4.1. De relatie tussen de individuele statements: Pointmap

De eerste uitkomst van het GCM onderzoek, welke een resultaat van de MDS analyse is, is een *point map* (figuur 2). Elk statement staat als een afzonderlijk punt op een tweedimensionale kaart (X,Y). De map van dit onderzoek laat 49 ideeën zien en hun onderlinge relatie. De statements (punten) die dichter bij elkaar staan worden vaker samen gekozen dan de statements die verder van elkaar zijn verwijderd.

MDS kent aan elk statement een brugwaarde (*Bridging Value*) toe (BV; tussen 0 en 1). De BV is een maatstaf die de mate van clustering meet. Een lage brugwaarde betekent dat een statement op de pointmap vaker is gegroepeerd met direct omliggende statements. Een hoge brugwaarde geeft weer dat het statement is gegroepeerd met verder weg liggende statements (Kane & Trochim, 2007). Bijvoorbeeld statement 44 'De robot die controleert hoe een leerling zich voelt en deze data doorgeeft aan de leerkracht als dat nodig is' en statement 45 'De robot die leerlingen helpt bij de dag of de weekplanning' liggen dichtbij elkaar, wat suggereert dat zij ook dichtbij elkaar liggen in wat zij

betekenen in de ogen van de deelnemers. Daarentegen, liggen statement 2 ‘Het klein te maken en niet gelijk over te gaan op het aanschaffen van robots’ en statement 15 ‘Kinderen vanaf het begin betrekken bij het werken met robotica’ heel ver uit elkaar en wat betreft betekenis voor de deelnemers liggen deze ook heel ver uit elkaar (Kirschner, 2017).

MDS produceert ook een statistiek, genaamd *stress index*. Deze kent eveneens een waarde tussen 0 en 1 en is in dit onderzoek 0.2518, welke een goede betrouwbaarheid van de resultaten weergeeft (Rosas & Kane, 2012).



Figuur 2. Pointmap alle stakeholders

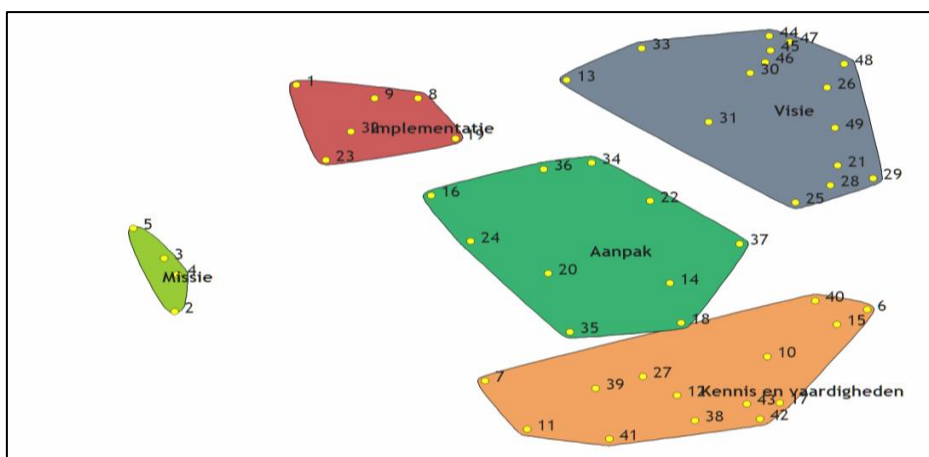
4.2 Het categoriseren van de statements in clusters: Clustermap

De tweede fase betreft het clusteren van statements en het bepalen van het aantal clusters dat optimaal aansluit bij de statements, met behulp van een *Hierarchical Cluster Analyses* (HCA). De onderzochte range bevindt zich tussen de 16 en 5 clusters (Rosas & Kane, 2012). De range is door de student-onderzoeker per stuk bekeken en geanalyseerd met behulp van de *clusterreplaymap*. Aan de hand van een lijst met de opties: eens, oneens en onbeslist is vervolgens gecheckt of twee clusters konden worden gezien als ‘hetzelfde’ en dus worden samengevoegd. Het aantal clusters is op deze manier, in samenspraak met een onderzoeker onderwijswetenschappen, teruggebracht van 16 naar vijf (Bijlage B2).

De vijf clusters zijn: implementatie, missie, kennis en vaardigheden, aanpak, visie (zie figuur 3). Het cluster ‘Implementatie’ bevat statements die te maken hebben met: leerlijn en curriculum. Het cluster ‘Missie’ geeft de waarden aan ‘waar staan we voor’, zoals: wel of geen robots inzetten. Het cluster ‘Kennis en vaardigheden’ laat zien welke kennis en vaardigheden nodig zijn/worden gestimuleerd bij robots-inzet, bijvoorbeeld het leren programmeren. Het cluster ‘Aanpak’ gaat in op hoe het robot-onderwijs in te zetten, mogelijk in relatie met andere vormen van onderwijs. In het

cluster ‘Visie’ wordt aandacht gegeven aan ‘waar gaan we (nu) voor’, met de blik op de toekomst om kinderen andere manieren van oefenen/leren aan te bieden.

De drie clusters met een hoge brugwaarde zijn: implementatie, missie, kennis en vaardigheden. Dit betekent dat veel participanten de statements in verschillende clusters hebben gezet die met elkaar verbonden zijn door middel van een ‘brug’. Een lage brugwaarde wordt gekenmerkt door statements die door veel participanten in dezelfde cluster zijn gezet, als een ‘anker’, zoals te zien is in de clusters ‘Aanpak’ en ‘Visie’ (Kane & Trochim, 2007). Zie tabel 2.



Figuur 3. Clustermap alle stakeholders

In tabel 2 worden de clusters en brugwaarde weergegeven. Een overzicht van alle statements en de brugwaarde is opgenomen in bijlage B3.

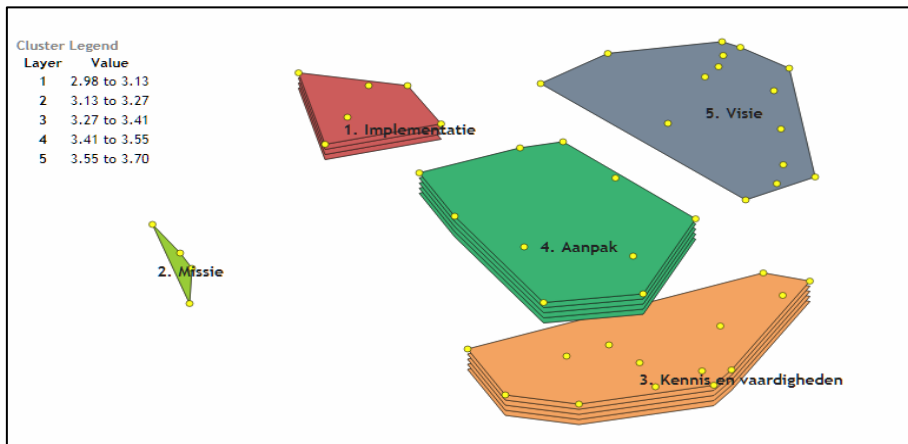
Tabel 2. Clusterbrugwaarde

Cluster	Statements	Brugwaarde
1.Implementatie	6	0.51
2.Missie	4	0.93
3.Kennis en vaardigheden	14	0.38
4.Aanpak	10	0.26
5.Visie	15	0.18

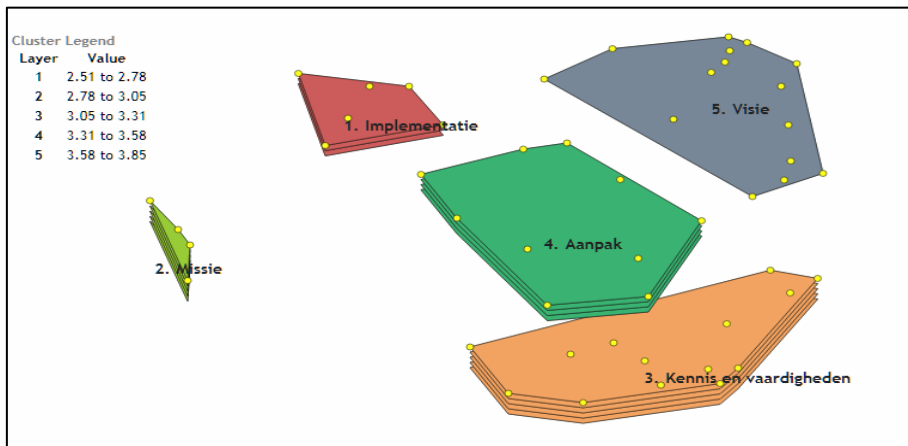
4.3 Beoordeling van de statements: Clusterratingmap

Nadat in de derde fase de statements zijn gesorteerd, hebben de participanten deze vervolgens beoordeeld op belangrijkheid en haalbaarheid (implementatie), respectievelijk figuur 4 en 5. Het bereik van de gemiddelde waarden is verdeeld in vijf lagen: 1=laagste, 5=hoogste (Trochim & McLinden, 2017). De clusters ‘Kennis en vaardigheden’ en ‘Aanpak’ worden als meest belangrijk aangegeven met een gemiddelde waarde van respectievelijk 3.70 en 3.64. De clusters ‘Missie’ en

‘Kennis en vaardigheden’ worden als meest haalbaar aangegeven met een gemiddelde waarde van respectievelijk 3.85 en 3.60.



Figuur 4. Clustermap rating belangrijkheid



Figuur 5. Clustermap rating haalbaarheid

In tabel 3 worden de gemiddelde clusterscores op belangrijkheid en haalbaarheid weergegeven. Een overzicht van alle statements en de waardering is eveneens opgenomen in bijlage B3.

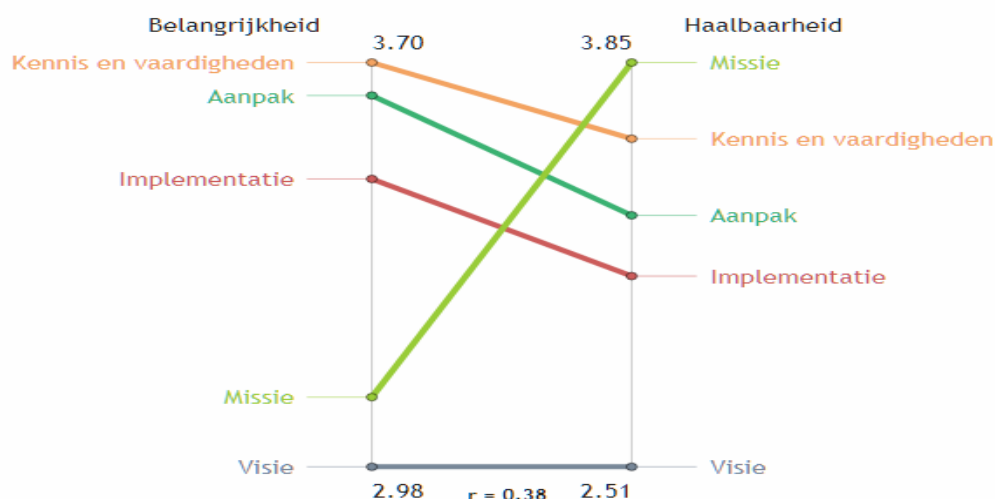
Tabel 3. De gemiddelde clusterscores op belangrijkheid en haalbaarheid

Gemiddelde Clusterscores op Belangrijkheid en Haalbaarheid		Beoordeling	
Cluster	Statements	Belangrijkheid	Haalbaarheid
1.Implementatie	6	3.49	3.14
2.Missie	4	3.11	3.85
3.Kennis en vaardigheden	14	3.70	3.60
4.Aanpak	10	3.64	3.34
5.Visie	15	2.98	2.51

4.4 De samenhang van de waardering van de clusters: Pattern match

De laddergrafiek (*pattern match*) laat op een eenvoudige visuele wijze de positie van de clusters zien. Zichtbaar is hoe de beoordelingscriteria belangrijkheid en haalbaarheid (implementatie) zich tot elkaar verhouden (figuur 6). De lijnen tussen de cluster labels laten zien hoe clusters aan elkaar gerelateerd zijn volgens de waarderingen. De samenhang tussen belangrijkheid en haalbaarheid wordt gemeten met de *Pearson product moment correlatie coëfficiënt*. De correlatie van deze laddergrafiek is 0.38, wat betekent dat de samenhang tussen de twee datasets relatief laag is.

Te zien is dat het cluster 'Missie' relatief onbelangrijk wordt gevonden ($M = 3.11$) maar het hoogst scoort op haalbaarheid ($M = 3.85$). Het cluster 'Kennis en vaardigheden' wordt het meest belangrijk gevonden ($M = 3.70$). Het cluster 'Visie' scoort zowel op belangrijkheid als haalbaarheid het laagst ($M = 2.98$, $M = 2.51$). Alle clusters scoren hoger op belangrijkheid dan op haalbaarheid, behalve 'Missie' en 'Visie'.



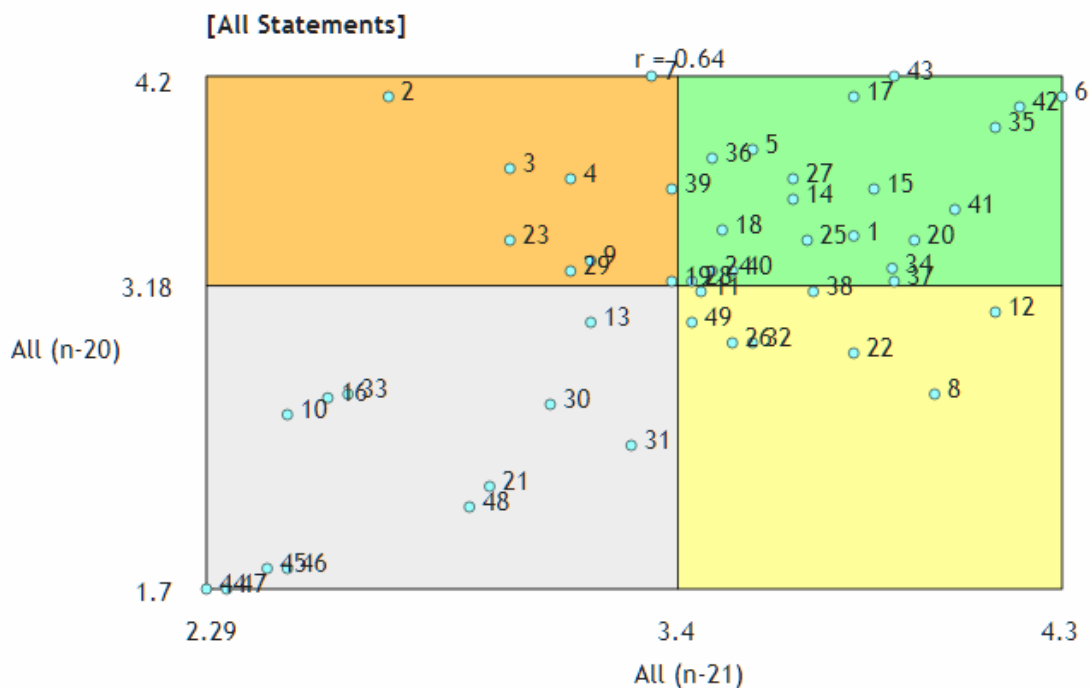
Figuur 6. Pattern match belangrijkheid versus haalbaarheid

4.5 Prioriteiten op het gebied van belangrijkheid en haalbaarheid voor implementatie: Go-zone

De kwadranten zijn geconstrueerd met behulp van de gemiddelde x (belangrijkheid) en y (haalbaarheid) waarden. Het kwadrant van de *go-zone* op de rechterbovenhoek toont alle verklaringen die bovengemiddeld in zowel belangrijkheid en haalbaarheid zijn en daarom het meest geschikt lijken voor implementatie op korte termijn. De ideeën onder de rechterbovenhoek scoren ook hoog op belangrijkheid maar lager op haalbaarheid dan de rechterbovenhoek en lijken daarom minder gemakkelijk en pas op langere termijn te implementeren (Rosas & Kane, 2012).

Figuur 7 geeft het totaal van alle statements weer in de *go-zone*. Bij de *go-zone* vallen twee statements op die hoog scoren op zowel belangrijkheid als haalbaarheid. Dit zijn: statement 6: 'leerlingen het besef te geven dat zij in staat zijn robots te programmeren' ($M = 4.30$; 4.10) en

statement 42, 'door kinderen te laten zien hoe een robot 'denkt' waardoor computational thinking spelenderwijs wordt geoefend' ($M = 4.20; 4.05$). In totaal zijn 19 statements in het groene gedeelte en 8 statements in het gele gedeelte van de *go-zone* als relatief belangrijk en haalbaar aangemerkt.



Figuur 7. Go-zone belangrijkheid (X-as) en haalbaarheid (Y-as)

4.6 Interpretatieworkshop

In een interpretatiebijeenkomst op 4 januari 2019 zijn de resultaten gepresenteerd via een PowerPoint en besproken zijn: *concept maps* (*pointmap*, *clustermmap*, *clusterratingmap*), de *pattern match* en de *go-zone* (Kane & Trochim, 2007). Aan de workshop deden vier deelnemers mee. Na de interpretatie van de *concept maps*, de *pattern match* en de *go-zone*, volgde er een discussie tussen de deelnemers over de clusters en de statements. Er werd bevestigd dat de statements binnen de vijf clusters redelijk tot goed bij elkaar pasten.

Alle oorspronkelijke labelnamen van de clusters, aangereikt door GCM, zijn echter veranderd. Ze werden door de deelnemers niet passend genoeg bevonden. Cluster 1 is 'Implementatie' (oorspronkelijk: curriculum). Volgens hen gaat robotica in eerste instantie over de invoering van een vernieuwing/verandering. Cluster 2 is 'Missie' (oorspronkelijk: verantwoording). Bij dit cluster gaat het om de waarden van het onderwijs; wel/niet kiezen voor robots. Cluster 3 is 'Kennis en vaardigheden' (oorspronkelijk: inzicht). 'Kennis en vaardigheden' was een andere optie die GCM aangaf. Dit label dekt meer de lading van de statements. Cluster 4 is 'Aanpak' (oorspronkelijk: discussie). Discussie kan een onderdeel zijn van de aanpak. Cluster 5 is 'Visie' (oorspronkelijk: middel of toekomst). Volgens de deelnemers zijn de desbetreffende statements niet allemaal middelen

gericht op de toekomst maar ook op het nu. ‘Waarvoor gaan we’ (vanuit het nu) heeft met visie te maken en dus werd gekozen voor labelnaam ‘Visie’.

Van de bijeenkomst is een verslag gemaakt (Bijlage B4). De *go-zone* laat volgens de deelnemers een realistisch beeld zien van prioriteiten en haalbaarheid ten opzichte van het implementeren van robotica. De deelnemers hebben tenslotte een top vijf van aanbevelingen opgesteld met de hoogste waarden (belangrijkheid en haalbaarheid) gegeven door de participanten die hebben meegedaan aan dit onderzoek, zie tabel 4. Hierbij is gebruik gemaakt van de *go-zone*, waarbij is gelet op zowel het groene gedeelte (implementatie op korte termijn) als ook het gele gedeelte (implementatie op lange termijn).

Tabel 4. De top 5 van aanbevelingen inzet robotica

Nr	Statements uit het groene gedeelte (belangrijk en haalbaar op korte termijn)		Belangrijkheid	Haalbaarheid
	Cluster: Kennis en vaardigheden			
6	Leerlingen het besef te geven dat zij in staat zijn robots te programmeren.		4.30	4.10
42	Door kinderen te laten zien hoe een robot ‘denkt’ waardoor computational thinking spelenderwijs wordt geoefend.		4.20	4.05
	Cluster: Aanpak			
35	Een manier om kinderen al spelenderwijs bekend te maken met techniek en digitalisering.		4.14	3.95
Nr	Statements uit het gele gedeelte (belangrijk en haalbaar op lange termijn)		Belangrijkheid	Haalbaarheid
	Cluster: Kennis en vaardigheden			
12	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerlingen (al vanaf de basisschool) kennis te laten maken met techniek.		4.14	3.05
	Cluster: Implementatie			
8	Het te koppelen aan het reguliere curriculum.		4.00	2.65

5. Conclusie en discussie

In dit onderzoek stond de vraag centraal: Welke manieren zijn belangrijk en haalbaar/implementeerbaar bij het inzetten van robotica binnen het primair onderwijs? Naast de centrale onderzoeksvraag is getracht een antwoord te geven op de drie subvragen: (1) wat vinden participanten belangrijk in de manier waarop robotica ingezet zou kunnen worden in het primair onderwijs?; (2) wat vinden participanten haalbaar/implementeerbaar in de manier waarop robotica ingezet zou kunnen worden in het primair onderwijs?; (3) wat is de relatie tussen robots en andere gebieden?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden werd een GCM-studie uitgevoerd waarmee de statements van leerkrachten, docenten, onderzoekers, werkvelddeskundigen, bedrijfsmanagers en

beleidsdeskundigen (na *sorting* en *rating*) in kaart zijn gebracht. Na het clusteren van de statements werden deze gegroepeerd in vijf clusters: 'Implementatie', 'Missie', 'Kennis en vaardigheden', 'Aanpak' en 'Visie'.

Wat vinden participanten belangrijk in de manier waarop robotica ingezet zou kunnen worden in het primair onderwijs?

De resultaten geven weer dat de participanten met name de statements die de clusters 'Kennis en vaardigheden' en 'Aanpak' betreffen het meest belangrijk vinden. Zo geven participanten aan dat het belangrijk is dat leerlingen leren beseffen dat ze zelf een robot kunnen programmeren. In de literatuur is aangegeven dat volgens Wyffels et al. (2011) een robot wellicht de eenvoudigste manier/het eenvoudigste systeem is dat in de klas kan worden gebouwd waarbij kennis en vaardigheden kunnen worden opgedaan van zowel elektronica als programmeren. In een uitgevoerde survey-onderzoek uit 2012 geven leerlingen (leeftijd 10-19 jaar) aan dat ze het meest leren in programmeren. (Eguchi, 2016). Daarnaast wordt het statement dat kinderen zelf robots kunnen bouwen, programmeren en testen om bepaalde problemen op te lossen als belangrijk genoemd. In de literatuur wordt vermeld dat toekomstbestendig leren kan worden verrijkt met projecten/opdrachten die aanzetten tot analyseren, evalueren en creëren, het zogenaamde hogere-orde denken (Walma van der Molen & Kirschner, 2017; Slangen, 2016) en robotica kan hieraan bijdragen (Slangen, 2016). Ook hoog scoort het statement dat kinderen *computational thinking* spelenderwijs kunnen oefenen door hen te laten zien hoe een robot 'denkt'. In de literatuur wordt genoemd dat CT een competentie is die leerlingen nodig hebben voor de maatschappij van de toekomst. Een voorwaarde bij het oplossen van problemen, is het leren van een programmeertaal die bijdraagt aan het begrip van de mechanismes achter technieken en apparaten (Van der Maas, 2017). Daarnaast stelt het inzicht hebben in *sense*, *reason* en *act*, de zogenaamde SRA-cyclus, leerlingen in principe in staat een robot te programmeren die daadwerkelijk problemen oplost (Fanchamps, 2016).

Binnen het cluster 'Aanpak' kan de vraag worden gesteld voor welke aanpak wordt gekozen om leerlingen zo goed mogelijk voor te bereiden op de toekomst. Robotica is volgens de deelnemers een belangrijke manier om kinderen al spelenderwijs bekend te maken met techniek en digitalisering. Niet iedereen zal straks ICT'er zijn, maar in bijna elke baan zal enige kennis van technologie vereist zijn (Wilthagen, 2017). In tabel 4 wordt een top vijf van aanbevelingen over de inzet van robotica en implementatiemogelijkheden weergegeven.

De clusters: missie, visie en implementatie scoren relatief lager op mate van belangrijkheid bij de participanten. De statements die binnen deze clusters de hoogste waarden scoren zijn bij het cluster 'Implementatie', het te koppelen aan het curriculum. Het is in ieder geval van belang dat leerlingen structureel programmeerlessen krijgen als onderdeel van het curriculum en in combinatie met andere vakken (Brand-Gruwel, 2017). Binnen de school kan in het cluster 'Missie' over de volgende statements worden gediscussieerd: het klein te maken, niet gelijk over te gaan op het aanschaffen van

robots en over de zin en onzin van robotica. Zoals is vermeld in de literatuur zal de invloed van robotica en AI ingrijpend zijn. Een belangrijk deel van de taken die mensen nu uitvoeren, is over 25 jaar overgenomen door een robot of een AI-systeem (Kennisset, 2019). Daarnaast zullen er binnen de maatschappij nieuwe functies ontstaan: robots moeten worden gemaakt, geprogrammeerd en onderhouden (Went & Kremer, 2015). Binnen het cluster ‘Visie’ wordt de plaats van de statements overeenkomstig gezien (lage brugwaarde) maar (nog) niet belangrijk genoeg bevonden. De meest belangrijke statements zijn: om kinderen andere manieren van oefenen/leren aan te bieden en in het voorzien in directe feedback. Beide statements gaven in de interpretatiegroep twijfel over de plaats in het cluster maar kunnen toch worden gezien als een startpunt binnen een visie, namelijk ‘waarvoor gaan we’. Een visie heeft ook met een toekomstdroom te maken, zoals het statement: tevens bewustwording en focus op de toekomst, wat zijn mogelijkheden en kansen om robotica in te zetten. Is dat remedial teaching, is dat hulp aan kinderen met een beperking. Dit statement wordt als relatief belangrijk en op langere termijn als haalbaar beoordeeld en meegenomen in de aanbeveling om verder te onderzoeken, want de ontwikkelingen gaan snel. Zoals in de literatuur is aangegeven worden NAO-robots gebruikt bij kinderen met autisme (Van Straten et al., 2018). In de toekomst kunnen educatieve robots worden geprogrammeerd en bijvoorbeeld worden ingezet bij leerlingen met geestelijke en lichamelijke beperkingen. Op deze manier groeien alle jonge kinderen op tot een *robot native* generatie (Cheng et al., 2018).

Wat vinden participanten haalbaar/implementeerbaar in de manier waarop robotica ingezet zou kunnen worden in het primair onderwijs?

Cluster ‘Missie’ scoort het hoogst op haalbaarheid. Het enige statement in dit cluster dat zowel belangrijk als haalbaar wordt geacht (groene *go-zone*) volgens de deelnemers is: niet alleen technische, maar zeker ook ethische vragen te stellen. Waar de grenzen liggen van wat technologie wel en niet voor het onderwijs kan betekenen levert een hernieuwde dialoog op over ethische vraagstukken (Kennisset, 2019). In de theoretische achtergrond is aan de ethiek verder geen aandacht besteed, omdat het onderzoek dan te breed zou worden maar het statement wordt aanbevolen in een vervolgonderzoek vanwege de hoge beoordeling op haalbaarheid.

Het cluster ‘Kennis en vaardigheden’ wordt relatief hoog haalbaar gevonden en de statements uit dit cluster scoren in de *go-zone* het hoogst op zowel belangrijkheid als haalbaarheid. Het meest hoog in haalbaarheid binnen dit cluster wordt het statement ‘door het schrijven van programmaatjes voor de robot (leren programmeren)’ bevonden. Dit wordt ondersteund door de literatuur waarin wordt gesteld dat leerlingen al op jonge leeftijd kunnen leren programmeren met behulp van eenvoudig te gebruiken visuele programmeertools (Chalmers, 2018).

Het cluster ‘Aanpak’ scoort relatief minder hoog in haalbaarheid. De meest haalbare manier is kinderen al spelenderwijs bekend te maken met techniek en digitalisering. Een voorbeeld hiervan,

welke is vermeld in de literatuur, is Robocupjunior (RCJ). Leerlingen leren zelf een robot maken en programmeren. Ook leerlingen in Nederland kunnen hieraan meedoen (Eguchi, 2016).

Het onderzoek toont verder aan dat in het cluster ‘Implementatie’, participanten de voorkeur geven aan implementatie in het reguliere curriculum. Dit statement staat in de *go-zone* in het gele gedeelte, wat betekent dat het belangrijk is maar waarschijnlijk pas op langere termijn haalbaar. De *go-zone* laat volgens de deelnemers van de interpretatieworkshop een realistisch beeld zien van prioriteiten en haalbaarheid ten opzichte van het implementeren van robotica. Alle door de participanten gegeven statements uit het boven-rechts (groene) en onder-rechts (gele) kwadrant zijn tenslotte verzameld (Bijlage B5). Deze statements kunnen als input dienen bij de inzet en/of implementatie van robotica.

Wat is de relatie tussen robots en andere gebieden?

In de theoretische achtergrond wordt het doel ondersteund door een verkennend onderzoek naar functies en toepassingen voor het gebruik van robotica binnen het primair onderwijs, ook in relatie met andere vak- en leergebieden. In bovenstaande paragrafen is weergegeven dat de statements uit de clusters ‘Kennis en vaardigheden’ en ‘Aanpak’ als meest belangrijk worden beschouwd. De statements uit het cluster ‘Kennis en vaardigheden’ worden het meest haalbaar beoordeeld. Door de statements te ordenen op zowel belangrijkheid als haalbaarheid ontstaat een *go-zone*: het kwadrant met de meest belangrijke en meest haalbare statements (zie figuur 9).

Zoals is aangegeven vinden participanten het leren programmeren voor leerlingen belangrijk en in de literatuur wordt beschreven dat robots het meest worden ingezet voor het maken en het leren programmeren binnen het STEM-gebied. In de literatuur is door Benitti (2012) verder aangegeven dat er binnen de enkele experimentele onderzoeken tussen 2006-2009 geen significante resultaten zijn behaald wat betreft robot-inzet in relatie met leerresultaten maar er zijn in deze onderzoeken wel variabelen gevonden die aangeven dat de motivatie in actief leren toeneemt. Daarnaast zijn er ook leerlingen die gemotiveerd raken wanneer robots worden verbonden met het artistieke gebied, zoals binnen STEAM, waarbij *Art* (kunst) wordt toegevoegd (Perignat & Buonincontro, 2019) alsook binnen het maakonderwijs (Nagel, 2018). Door participanten is aangegeven dat het belangrijk is in maakonderwijs/projectonderwijs allerlei vaardigheden te oefenen en door het maakonderwijs vorm en inhoud te geven. Kortom, het leren programmeren maar ook om bijvoorbeeld in maakonderwijs/projectonderwijs te leren begrijpen hoe dingen werken en te ‘leren’ maken, wat volgens de Rijksoverheid (2018) belangrijk is binnen de veranderende/vernieuwende technologie om grip te houden in de maatschappij.

De relatie van robotica met andere vormen van onderwijs kan als voorbeeld dienen voor implementatie en aansluitend bij het cluster ‘Implementatie’ en daarbij behorende statement, mogelijk worden gekoppeld aan het reguliere curriculum. Participanten geven aan dat het belangrijk is te zoeken naar (dwars) verbanden tussen reguliere vakinhouden. Uiteindelijk vraagt het curriculum van

de toekomst om meer samenhang tussen vak- en leergebieden (SLO, 2016). Een vervolgonderzoek kan hierop aansluiten.

5.1 Beperkingen onderzoek

Dit onderzoek kende een aantal beperkingen. Het aantal deelnemers was N=30. Maar het aantal daadwerkelijke deelnemers was: *Brainstorming* N=19, *Sorting* N=19, *Rating* N = 21 (belangrijkheid) en N = 20 (haalbaarheid). Het aantal deelnemers viel in eerste instantie tegen. Alle Friese basisscholen hebben in 2017 een robot gekregen, zoals is vermeld in de theoretische achtergrond. Er zijn 26 Friese scholen benaderd die op Facebook via Innovatiecluster (2017) hierover berichten plaatsten. Vijf reacties kwamen binnen waarbij werd aangegeven niet mee te doen met het onderzoek vanwege andere prioriteiten en om de werkdruk binnen het onderwijs niet hoger te maken. Uiteindelijk heeft een participant daadwerkelijk met het onderzoek meegedaan. Via Twitter is, landelijk, verder gezocht. Ook via LinkedIn is een oproep gedaan en met behulp van de sociale media hebben zich meer deelnemers gemeld. Hierdoor kon het aantal respondenten bij *rating* tot een gewenst resultaat van 21 deelnemers worden behaald bij 'belangrijkheid' en 20 participanten bij 'haalbaarheid'.

Het tegenvallende aantal deelnemers kan van invloed zijn op de generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten. Een tweetal mensen gaf aan het groeperen van de statements lastig te vinden. Eén respondent heeft aangegeven te willen stoppen en een ander is verder gegaan met het beoordelen van de statements. Een aantal mensen gaf aan dat ze wel wilden meedoen om te helpen en ze vonden het onderzoek interessant, maar ze voelden zich niet ervaren genoeg op het gebied van robotica.

Het aantal deelnemers aan de interpretatiebijeenkomst was niet hoog. Deelnemers wonen verspreid in Nederland en gaven tijdsdruk aan als reden om niet te komen. Vier participanten kozen voor een bijeenkomst in de kerstvakantie.

5.2 Mogelijkheden voor vervolgonderzoek

Een vervolgonderzoek kan: 1) aansluiten op robotica-onderwijs in relatie met STEM-/STEAM-/Maakonderwijs waarin de relatie van robotica met andere leergebieden als voorbeeld kan dienen voor implementatie en aansluitend bij cluster 'Implementatie': worden gekoppeld aan het reguliere curriculum; 2) aansluiten op cluster 'Visie': tevens bewustwording en focus op de toekomst, wat zijn mogelijkheden en kansen om robotica in te zetten; 3) aansluiten op cluster 'Missie': niet alleen technische, maar ook ethische vragen stellen.

Referenties

- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.008>
- Atmatzidou, S., Demetriadis, S., & Nika, P. (2018). How does the degree of guidance support students' metacognitive and problem solving skills in educational robotics? *Journal of Science Education and Technology* 27(1), 70-85. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9709-x>
- Autor, D. H. (2015) Why are there still so many jobs? The history and future of workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives* 29(3), 3-30. Retrieved from <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.29.3.3>
- Barker, B. S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of research on technology in education*, 39(3), 229-243. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ768878.pdf>
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education* 58(3), 978-988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bers, M. U. (2010). The TangibleK Robotics program: Applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2), n2. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ910910.pdf>
- Brand-Gruwel, S. (2017). 'Programmeren in de klas heeft positieve effecten'. Retrieved from <https://www.kennisnet.nl/artikel/programmeren-in-de-klas-heeft-positieve-effecten/>
- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Chang, C. W., Lee, J. H., Chao, P. Y., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Exploring the possibility of using humanoid robots as instructional tools for teaching a second language in primary school. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(2), 13-24. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/05df/9e2511d9900f7d2a0e9f4cc6b8be8afb001e.pdf>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Cheng, Y. W., Sun, P. C., & Chen, N. S. (2018). The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. *Computers & education*, 126, 399-416. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.020>

- Costa, C. (2017). Robotics K-12 and your district: The essence of STEM education and the e-ticket to unlimited possibilities. *Leadership*, 46(4), 32-35. Retrieved from <https://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?EbscoContent=dGJyMNHX8kSep7Y4y9f3OLCmr1Gep7NSs6i4TLeWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpsEyura5QuePfgeyx8Yzf2emL3%2Bbn&T=P&P=AN&S=R&D=asn&K=121536227>
- Dekker, F. (2016). Robots en arbeid: technologisch determinisme revisited. *Beleid en Maatschappij*, 43(2), 24-40. Retrieved from https://fabiandekker.nl/PDF_V2/Robots_en_arbeid_tecnologisch_determinisme_revisited.pdf
- Eguchi, A. (2014). Robotics as a learning tool for educational transformation. In *Proceeding of 4th international workshop teaching robotics, teaching with robotics & 5th international conference robotics in education Padova (Italy)*. Retrieved from http://www.terecop.eu/TRTWR-RIE2014/files/00_WFr1/00_WFr1_04.pdf
- Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699. <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2015.05.013>
- Europese Commissie. (2018). *Initiatieven op het gebied van onderwijs en opleiding*. Brussel. Retrieved from http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-103_nl.htm
- Fanchamps, N. (2016). *De invloed van SRA Programmeren op Mathematisch Redeneren en Zelfeffectiviteit met Lego Robotica in Twee instructievarianten*. Retrieved from <https://dspace.ou.nl/bitstream/1820/7371/1/OWNFanchamps-08122016.pdf>
- Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems*, 42(3-4), 143-166. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00372-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00372-X)
- Fouarge, D. (2017, 4 december). 'Scholieren richten zich te veel op wat ze leuk vinden'. *De Volkskrant*. Retrieved from <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/arbeidsmarktonderzoeker-scholieren-richten-zich-te-veel-op-wat-ze-leuk-vinden~bd80c953/?referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Gorissen, P. (2018). Collaborating on maker education in primary education: iXspace. *Proceedings of FabLearn Netherlands 2018*, 19-25. <http://fablab.nl/PSz2L0Of/wp-content/uploads/2018/09/FabLearn-PaperPresentation-def.pdf#page=19>
- Grey, W. (1951). A machine that learns. *Scientific American*, 185(2), 60-63. Retrieved from <http://robotics.cs.tamu.edu/dshell/cs689/papers/walter51learns.pdf>
- Higbie, T. (2013). Why Do Robots Rebel? The Labor History of a Cultural Icon. *Labor: Studies in Working-Class History of the Americas*, 10(1), 99-121. <https://doi.org/10.1215/15476715-1899057>

- Hueck, H., & Went, R. (2014). *Wij en de robots (in die volgorde)*. Retrieved from <https://www.rtlz.nl/algemeen/economie/artikel/718426/wij-en-de-robots-die-volgorde>
- Innovatiecluster. (2017). *Iedere school een robot*. Drachten. Retrieved from <https://www.icdrachten.nl/edu-robotics>
- Kane, M., & Trochim, W. M. K. (2007). *Concept mapping for planning and evaluation*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1558689808326121>
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(3), 2. Retrieved from <https://yuripavlov.ru/wp-content/uploads/2017/07/KellerMotivatsiya1987.pdf>
- Kennisnet. (2019). *Robot inzetten voor taal of rekenen? Nieuwe Wikiwijs-pagina helpt je op weg!* Retrieved from <https://www.kennisnet.nl/artikel/robot-inzetten-voor-taal-of-rekenen-nieuwe-wikiwijs-pagina-helpt-je-op-weg/>
- Kennisnet. (2019). *Onderwijs in een kunstmatig intelligente wereld*. Retrieved from <https://www.kennisnet.nl/fileadmin/kennisnet/publicatie/Kennisnet-Technologiekompas.pdf>
- Kennisrotonde. (2018). *Wat kunnen robots betekenen voor het geven van instructie aan leerlingen in het basisonderwijs?* Retrieved from <https://www.nro.nl/kennisrotondevragenopenrij/robots/>
- Kirschner, P. A. (2017). *Het voorbereiden van leerlingen op (nog) niet bestaande banen*. Heerlen. Retrieved from https://www.innovatiefinwerk.nl/sites/innovatiefinwerk.nl/files/field/bijlage/rapport_paul_kirschner_nsvp_-_herzien_dec._2017_2.pdf
- Kirschner, P. A., & Stoyanov, S. (2018). Educating youth for nonexistent/not yet existing professions. *Educational Policy*. <https://doi.org/10.1177/0895904818802086>
- Merino-Armero, J. M., González-Calero, J. A., Cózar-Gutiérrez, R., & Villena-Taranilla, R. (2018). Computational Thinking Initiation. An experience with robots in Primary Education. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 1(2), 181-206. <https://doi.org/10.31756/jrsmt.124>
- Moss, S. (2018). The potential of robots for humankind. *MRS Bulletin*, 43(5), 391-392. <https://doi.org/10.1557/mrs.2018.117>
- Mitnik, R., Nussbaum, M., & Recabarren, M. (2009). Developing cognition with collaborative robotic activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 317-330. https://www.j-ets.net/ets/journals/12_4/27.pdf

- Nagel, D. (2018). The STEAM-Powered elementary school. *THE Journal*, 45(3), 28-32. Retrieved from
https://digital.1105media.com/THEJournal/2018/THE_1805/TJ_1805Q1.html#p=28
- OECD. (2017). *OECD skills strategy*. Retrieved from
<https://www.oecd.org/skills/nationalskillsstrategies/OECD-Skills-Strategy-Diagnoserapport-Samenvatting-Nederland.pdf>
- Omohundro, S. (2014). Autonomous technology and the greater human good. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 26(3), 303-315.
<http://dx.doi.org/10.1080/0952813X.2014.895111>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- PO-Raad. (2017). *Nú investeren in onderwijs van morgen*. Retrieved from
https://www.poraad.nl/files/publiek/ondersteuning/ict/manifest_nu_investeren_in_onderwijs_van_morgen.pdf
- Rijksoverheid. (2013). *Nationaal Techniekpact 2020*. Retrieved from
<https://www.techniekpact.nl/cdi/files/f1441a07a7dab41382fd20095b16c618ad14773c.pdf>
- Rijksoverheid. (2018). *Techniekpact. Monitor highlights 2018*. Retrieved from
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/06/04/techniekpact-monitor-highlights-2018>
- Rijksoverheid. (2018, 10 november). *Is Nederland klaar voor Maakonderwijs?* Retrieved from
<https://abonneren.rijksoverheid.nl/nieuwsbrieven/archief/artikel/22/0f28232e-7552-4983-b2d8-ba04dce66af7/ef894705-f6a0-42b7-bf90-ef6d4af461cd>
- Rosas, S. R., & Kane, M. (2012). Quality and rigor of the concept mapping methodology: A pooled study analysis. *Elsevier*, 35(2), 236-245. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2011.10.003>
- Royakkers, L., Daemen, F., & Van Est, R. (2012). *Overall robots: automatisering van de liefde tot de dood*. Retrieved from <https://www.rathenau.nl/sites/default/files/OverallRobots.pdf>
- Sáez-López, J. M., Sevillano-García, M. L., & Vazquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 1-21.
<https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>
- Schnabel, P., Ten Dam, G., Douma, T., Ban Eijk, R., Tabarki, F., Van der Touw, A., & Visser, M. (2016). *Ons onderwijs 2032: eindadvies*. Retrieved from
<https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/346309>
- SkillsDojo. (2017). *Waaruit bestaat een robot*. Retrieved from
<https://www.skillsdojo.nl/robots-uitvinden/waaruit-bestaat-een-robot/>

- Slangen, L. (2016). *Teaching Robotics in Primary School*. Eindhoven. Retrieved from https://pure.tue.nl/ws/files/25754482/20160630_CO_Slangen.pdf
- Slangen, L., van Keulen, H., & Gravemeijer, K. (2011). What pupils can learn from working with robotic direct manipulation environments. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 449-469. <http://doi.org/10.1007/s10798-010-9130-8>
- SLO. (2015). *Computational thinking PO*. Retrieved from <http://curriculumvandetoekomst.slo.nl/21e-eeuwse-vaardigheden/digitale-geletterdheid/computational-thinking>
- SLO. (2016). *Digitale geletterdheid*. Retrieved from <http://curriculumvandetoekomst.slo.nl/projecten/digitale-geletterdheid>
- Stahl, B. C., & Coeckelbergh, M. (2016). Ethics of healthcare robotics: Towards responsible research and innovation. *Robotics and Autonomous Systems*, 86, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.08.018>
- Stoyanov, S., & Kirschner, P. A. (2004). Expert Concept Mapping Method for defining the characteristics of adaptive e-learning: ALFANET Project Case. *Educational Technology Research and Development*. 52(2) 41-54. <https://doi.org/10.1007/BF02504838>
- The Concept System® Global MAX™. (2016). *Group Concept Mapping*. Retrieved from <https://www.conceptsystems.com/home>
- Thomas, C. (2015). Anders dan zij. Onderwijs voor een robotsamenleving. *De robot de baas*, 155-169. http://www.cgil.it/admin_nv47t8g34/wp-content/uploads/2017/03/OLANDA-V031-Robot-baas-1.pdf
- Trochim, W. M. K. (1989). An introduction to concept mapping for planning and evaluation. *Evaluation and Program Planning*, 12(1), 1-16. [https://doi.org/10.1016/0149-7189\(89\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0149-7189(89)90016-5)
- Trochim, W. M. K. (1993). *The Reliability of Concept Mapping*. Dallas. Retrieved from <https://socialresearchmethods.net/research/Reliable/reliable.htm>
- Trochim, W. M. K., & McLinden, D. (2017). Introduction to a special issue on concept mapping. *Evaluation and Program Planning*, 60, 166-175. <http://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2016.10.006>
- Van der Maas, H. (2017). *De effecten van het werken met de leerlijn programmeren*. Retrieved from <https://www.nro.nl/wp-content/uploads/2018/05/405-15-823-013-School-6.6-De-effecten-van-het-werken-met-de-leerlijn-programmeren.pdf>
- Van Driel, C. (2016). Sociale robotica in de intramurale ouderenzorg. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.13364.45442>

- Van Straten, C. L., Smeekens, I., Barakova, E., Glennon, J., Buitelaar, J., & Chen, A. (2018). Effects of robots' intonation and bodily appearance on robot-mediated communicative treatment outcomes for children with autism spectrum disorder. *Personal and Ubiquitous Computing*, 22(2), 379-390. <https://doi.org/10.1007/s00779-017-1060-y>
- Vlaamse Overheid. (2012). *STEM*. Retrieved from <http://stem.vlaanderen.be/home>
- Walma van der Molen, J. H., & Kirschner, P. A. (2017). *Met de juiste vaardigheden de arbeidsmarkt op*. NSvP: Arnhem. Retrieved from <http://omkering.innovatiefinwerk.nl/wp-content/uploads/2017/07/NSvP-Whitepaper-pdf-20170606.pdf>
- Went, R., & Kremer, M. (2015). Hoe we robotisering de baas kunnen blijven. Inzetten op complementariteit. *De robot de baas*, 23-41. http://www.cgil.it/admin_nv47t8g34/wp-content/uploads/2017/03/OLANDA-V031-Robot-baas-1.pdf
- Wilthagen, T. (2017, 7 december). 'Met alleen maar digitale kennis red je het in de toekomst niet'. *NRC.nl*. Retrieved from <https://www.nrc.nl/nieuws/2017/12/07/met-alleen-maar-digitale-kennis-red-je-het-in-de-toekomst-niet-a1584113>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>
- Wisse, M. (2015). Stand van zaken en kansen in de robotica. *De robot de baas*, 73-88. Retrieved from http://www.cgil.it/admin_nv47t8g34/wp-content/uploads/2017/03/OLANDA-V031-Robot-baas-1.pdf
- Wyffels, F., Bruneel, K., Kindermans, P. J., D'Haene, M., Woestyn, P., Bertels, P., & Schrauwen, B. (2011). Robot competitions trick students into learning. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Robotics in Education, RiE* (pp. 47-52). Retrieved from http://www.innoc.at/fileadmin/user_upload/temp/RiE/Proceedings/17.pdf

Bijlage A

Tekst mail uitnodiging

Bijlage A1

Geachte

In 2017 hebben alle Friese basisscholen een EDU-robot gekregen. Als leerkracht basisonderwijs en student master Onderwijswetenschappen ben ik nieuwsgierig naar wat er met de robot gebeurt of gaat gebeuren. Misschien wordt er binnen uw school een andere robot gebruikt, of helemaal geen robot maar wilt u wel graag een robot inzetten en heeft u hierover ideeën.

Graag zou ik u of een collega willen uitnodigen om mee te doen met mijn master thesis onderzoek in samenwerking met de Open Universiteit. U wordt uitgenodigd om mee te doen aan een Group Concept Mapping onderzoek (GCM), waarbij u zelf (anoniem) ideeën kunt inbrengen over de inzet van een robot binnen het basisonderwijs in een speciaal voor dit onderzoek ingerichte web-omgeving. Vervolgens worden de ideeën van de groep deelnemers verzameld, geanalyseerd en gerapporteerd. Dit rapport zal met u worden gedeeld.

Het onderzoek omvat twee fases van ongeveer 30-45 minuten. Fase 1 duurt twee weken. Fase 2 duurt vier weken. Het tijdsbestek tussen de fases is ongeveer twee weken. De start van het onderzoek staat gepland in week 38.

Voor opgave of verdere informatie kunt u mailen naar

Anneke Bethlehem

ac.bethlehem@studie.ou.nl

Het onderzoeksteam bestaat uit:

Anneke Bethlehem, leerkracht primair onderwijs en student master Onderwijswetenschappen aan de Open Universiteit

Prof. dr. M. Specht, Open Universiteit

Dr. S. Stoyanov, Open Universiteit

Bijlage A

Uitnodiging via Twitter en LinkedIn

Bijlage A2

Uitnodiging Twitter

Wie vindt het leuk-leerzaam om mee te doen met mijn bottom-up 'Group Concept Mapping' onderzoek. Onderwerp is 'Robots in het primair onderwijs'. Het doel van het onderzoek is om ideeën te verzamelen over de inzet van robots. [#masterthesis](#) [#OU](#) [#dekrachtvantwitter](#) [#dtv](#)

Mijn masterthesis onderzoek aan de [@OU_Nederland](#) gaat verder. Wie wil meedoen aan het bottom-up Group Concept Mapping onderzoek? Ideeën over de inzet van robotica in het primair onderwijs worden door deelnemers gesorteerd en gestructureerd op belangrijkheid en haalbaarheid. [#dtv](#)

Uitnodiging LinkedIn

Wie vindt het leuk-leerzaam om mee te doen met mijn bottom-up 'Group Concept Mapping' onderzoek. Onderwerp is 'Robotica binnen het primair onderwijs'. Het doel van het onderzoek is om ideeën te verzamelen over de inzet van robots. [hashtag#masterthesis](#) [hashtag#OU](#)

Mijn masterthesis onderzoek aan de [Open Universiteit](#) gaat verder. Wie wil meedoen aan het bottom-up Group Concept Mapping onderzoek? Ideeën over de inzet van robotica in het primair onderwijs worden door deelnemers gesorteerd en gestructureerd op belangrijkheid en haalbaarheid.

Bijlage A

Tekst mail link

Bijlage A3

Geachte

Dank voor uw aanmelding en deelname aan het onderzoek “Robotica binnen het primair onderwijs”.

U wordt gevraagd om via deze [link](#) een account aan te maken, zodat u toegang heeft tot de speciaal voor deze ingerichte (anonieme) web-omgeving.

Met vriendelijke groet,
Namens het onderzoeksteam,
Anneke Bethlehem

ac.bethlehem@studie.ou.nl

Bijlage A

Doel en informatie

Bijlage A4

Geachte

Hierbij wil ik u informeren over het onderzoek dat ik uitvoer in het kader van mijn studie Onderwijswetenschappen aan de Open Universiteit. Het betreft de masterthesis.

Dit onderzoek gaat over 'Robotica in het primair onderwijs'. Robots doen steeds meer hun intrede in de maatschappij, maar basisscholen besteden hier (nog) niet zoveel aandacht aan. Als we robots willen inzetten op welke manieren kan dit dan?

Het doel van het onderzoek is na te gaan op welke manieren robotica kan worden ingezet binnen het primair onderwijs.

Met deze aanpak wordt toegewerkt naar gezamenlijk gedragen prioriteiten en haalbaarheid of implementeerbaarheid van robotica binnen het primair onderwijs.

Het onderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

Fase 1.

Leraren, directeuren, opleiders PABO, studenten PABO en andere **experts** (bijvoorbeeld bestuurders, adviseurs en onderzoekers) wordt gevraagd een bijdrage te leveren aan de **brainstormfase**.

U ontvangt een e-mail met daarin de uitnodiging om u

te registreren in een speciaal voor dit onderzoek ingerichte (anonieme) webomgeving. Hier kunt u uitspraken doen die

uw mening weergeven op welke manieren robotica kan worden ingezet in het onderwijs. Deelname neemt ongeveer 30 minuten van uw tijd in beslag. U kunt vaker terugkeren naar de online omgeving om nieuwe statements toe te voegen. Fase 1 omvat twee weken.

Voor (*sorting*) en (*rating*) ontvangen experts één e-mail met daarin de uitnodiging voor deelname aan de voortzetting van het onderzoek.

Fase 2.

Leraren, directeuren, opleiders PABO, studenten PABO en andere **experts** (bijvoorbeeld bestuurders, adviseurs en onderzoekers) wordt gevraagd om een bijdrage te leveren aan *sorting*.

U wordt gevraagd om statements te **sorteren/groeperen**. U ontvangt u een e-mail

met daarin de uitnodiging om u te registreren (of in te loggen met uw account)

in een speciaal voor dit onderzoek ingerichte (anonieme) webomgeving. U kunt dit proces op verschillende momenten uitvoeren door terug te keren naar de online omgeving. Als *sorting* is beëindigd, kunt u gelijk doorgaan met het beoordelen: *rating*.

Leraren, directeuren, opleiders PABO, studenten PABO en andere **experts** (bijvoorbeeld bestuurders, adviseurs en onderzoekers) wordt gevraagd om een bijdrage te leveren aan *rating*.

U wordt gevraagd om statements te **beoordelen**. Deze fase neemt ongeveer 45 minuten van uw tijd in beslag. U kunt dit proces op verschillende momenten uitvoeren door terug te keren naar de online omgeving. Fase 2 omvat vier weken.

Deelname aan het onderzoek is geheel vrijwillig en brengt geen risico's met zich mee. U heeft het recht om op ieder moment in het onderzoek te stoppen. De persoonlijke gegevens en de verkregen informatie worden met zorg en vertrouwelijk behandeld. In de uiteindelijke rapportage (masterthesis) worden uw gegevens anoniem verwerkt. De onderzoeksgegevens worden bewaard zolang dit nodig is voor het onderzoek.

Deelname aan het onderzoek heeft voor u als voordeel dat u kunt nadenken over wat u belangrijk vindt op het gebied robotica. Daarnaast verbreedt u uw horizon mogelijk door kennis te nemen van de ideeën van anderen. Na het uitvoerende onderzoek, worden aanbevelingen gedaan ten opzichte van prioriteiten en haalbaarheid of implementeerbaarheid van robotica. U ontvangt hierover een onderzoeksrapport.

Voor verdere vragen kunt u natuurlijk altijd contact opnemen met:

Anneke Bethlehem

ac.bethlehem@studie.ou.nl

Student master Onderwijswetenschappen Open Universiteit

Begeleiders van dit onderzoek:

Prof. dr. M. Specht en dr. S. Stoyanov (Open Universiteit, Heerlen)

Door te klikken op de knop 'Accept' stemt u in met deelname aan het onderzoek 'Robotica in het primair onderwijs'.

Bijlage A

Instructie over de brainstormfase

Bijlage A5

U wordt verzocht de volgende zin (*focus prompt*) af te maken: "Een manier om robotica in te zetten binnen het primair onderwijs is..."

Uw aanvullende zin bestaat uit een idee (statement).

U kunt zoveel mogelijk statements in het tekstvlak onder de *focus prompt* plaatsen als u wilt. Deze kunnen bestaan uit spontane ideeën en/of uit geraadpleegde bronnen (rapporten, boeken, artikelen). Zorgt u er alstublieft voor dat elk statement kort, 'to the point' is en één idee omschrijft.

Selecteer "add this statement" na elk statement/idee. Uw statement zal worden bewaard en toegevoegd aan de (anonieme) lijst van collectieve statements onderaan de pagina. Als u wilt, kunt u andere statements bekijken ter inspiratie. Als u klaar bent klikt u op 'Brainstorming completed', maar u kunt altijd terugkeren om nieuwe statements toe te voegen.

Bijlage A

Begeleidende tekst mail sorteer- en waardeerfase

Bijlage A6

Geachte

Hartelijk dank voor het meedoen aan fase 1 van het onderzoek.

Graag wil ik u uitnodigen om mee te doen met fase 2 van het bottom-up Group Concept Mapping onderzoek naar de inzet van robotica in het primair onderwijs.

In fase 1 zijn er ideeën (statements) gegeven over de inzet van robotica binnen het primair onderwijs. Deze fase is inmiddels gesloten.

In fase 2 gaat u de statements sorteren en plaatsen in een categorie-map die u voorziet van een naam. Vervolgens kunt u de statements beoordelen op 'belangrijkheid' en 'haalbaarheid'.

Tijdsindicatie is ongeveer 45 minuten. Deelname kan via deze [link](#), zodat u wederom (via **sign in**) toegang heeft tot de (anonieme) web-omgeving die speciaal voor dit onderzoek is ingericht. De link is **tot 30 november** actief.

Voor verdere informatie kunt u mailen naar

Anneke (Anna) Bethlehem

ac.bethlehem@studie.ou.nl

Met vriendelijke groet,
Namens het onderzoeksteam,
Anneke Bethlehem

Bijlage A
Begeleidende tekst mail sorteer- en waardeerfase nieuwe deelnemers

Bijlage A7

Geachte

Graag wil ik u uitnodigen om mee te doen met mijn masterthesis onderzoek in samenwerking met de Open Universiteit. Het betreft een bottom-up Group Concept Mapping onderzoek naar de inzet van robotica in het primair onderwijs. U wordt uitgenodigd om mee te doen met fase 2 van het onderzoek.

In fase 1 zijn er ideeën (statements) gegeven over de inzet van robotica binnen het primair onderwijs. Deze fase is inmiddels gesloten.

In fase 2 gaat u de statements sorteren en plaatsen in een categorie-map die u voorziet van een naam. Vervolgens kunt u direct doorgaan met het beoordelen van de statements op 'belangrijkheid' en 'haalbaarheid'.

Tijdsindicatie is ongeveer 45 minuten. Deelname kan via deze [link](#). U wordt gevraagd een account aan te maken, zodat u toegang heeft tot de (anonieme) web-omgeving die speciaal voor dit onderzoek is ingericht. De link is **tot 30 november** actief.

De ideeën van de deelnemers worden verzameld, geanalyseerd en gerapporteerd. Dit rapport zal met u worden gedeeld.

Voor verdere informatie kunt u mailen naar

Anneke (Anna) Bethlehem

ac.bethlehem@studie.ou.nl

Het onderzoeksteam bestaat uit:

Anneke Bethlehem, leerkracht primair onderwijs en student master Onderwijswetenschappen aan de Open Universiteit

Prof. dr. M. Specht, Open Universiteit

Dr. S. Stoyanov, Open Universiteit

Met vriendelijke groet,
namens het onderzoeksteam,
Anneke Bethlehem

Bijlage A

Instructie voor groeperen/sorteren en beoordelen/waarderen

Bijlage A8

Instructie voor groeperen/sorteren

In deze fase 2 (sorting) ordent u de statements in categorieën.

Vervolgens geeft u iedere categorie een naam (groepsnaam) die het onderwerp of de inhoud het beste beschrijft.

Het meest praktisch is wanneer u een statement (links van het scherm) naar het midden van het blad sleept en vervolgens los laat. Er verschijnt een pop-up scherm. U vult een groepsnaam in die bij dit statement hoort. Klikte u op ok en er verschijnt een categorie-map waarin u statements kunt plaatsen die volgens u tot dezelfde groep behoren,

In deze fase ordent u alleen en maakt u **geen** categorieën op basis van prioritering, de omvang of dimensies zoals 'Belangrijk' en 'Haalbaarheid'. Ook maakt u **geen** categorieën zoals 'Anders', 'Varia', of iets dergelijks.

Elk statement moet slechts in één categorie worden ondergebracht.

Laat u **geen** statement in de kolom Unsorted Statements staan.

Indien u een statement echt niet in een groep kunt onderbrengen, maakt u dan een groep aan met 1 statement.

Een richtlijn is dat het aantal groepen meestal tussen de 5 en de 20 ligt.

Tip: Bewaar uw antwoorden regelmatig (save button)!

Instructie voor beoordelen/waarderen

In deze fase 2 (rating) beoordeelt u de statements.

U kunt ieder statement beoordelen **op** belangrijkheid **van** inzet robotica in de praktijk.

De beoordeling is op een schaal van: 1 = betrekkelijk onbelangrijk tot 5 = extreem belangrijk. Probeert u de statements in verschillende schalen te beoordelen (1 -5).

U kunt ieder statement beoordelen **op** haalbaarheid **van** implementatie in de praktijk.

De beoordeling is op een schaal van: 1 = zeer moeilijk te implementeren tot en met 5 = zeer makkelijk te implementeren. Probeert u de statements in verschillende schalen te beoordelen (1 -5).

Bijlage A

Herinnering tekst mail sorteer- en waardeerfase

Bijlage A9

Nog ongeveer een week....
en dan worden de lijnen gesloten.

Geachte

Graag zou ik u willen uitnodigen om deel te nemen aan de slotfase.
Wat vindt u belangrijk en wat is haalbaar,
als het gaat om de inzet van robotica in het primair onderwijs.
Uw mening doet ertoe!

Deelname kan via deze [link](#)

Voor verdere informatie kunt u mailen naar

Anneke (Anna) Bethlehem

ac.bethlehem@studie.ou.nl

Met vriendelijke groet,
Namens het onderzoeksteam,
Anneke Bethlehem

Bijlage B

Gesynthetiseerde statements

Bijlage B1

Nummer	Statement
1	Te zoeken naar (dwars) verbanden tussen reguliere vakinhouden
2	Het klein te maken en niet gelijk over te gaan op het aanschaffen van robots.
3	De discussie aan te gaan over zin en onzin van robotica.
4	Niet gelijk over te gaan op het technische aspect.
5	Niet alleen technische, maar zeker ook ethische vragen te stellen.
6	Leerlingen het besef te geven dat zij in staat zijn robots te programmeren.
7	Door uit te leggen dat een robot niets uit zichzelf doet.
8	Het te koppelen aan het reguliere curriculum.
9	Het te koppelen aan specifiek gedefinieerde projecten.
10	Om leerlingen 2 rechterhanden te gaan ontwikkelen.
11	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerkrachten (basisschool en voortgezet onderwijs) hun kennis en ervaring met techniek op niveau te houden/brengen.
12	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerlingen (al vanaf de basisschool) kennis te laten maken met techniek.
13	Robot gebruiken om de reguliere vakken boeiender te maken.
14	Robot gebruiken om op een ludieke, interactieve manier te interesseren voor wetenschap en techniek.
15	Kinderen vanaf het begin betrekken bij het werken met robotica.
16	De robots te laten maken, met als gevolg lagere kosten, hogere betrokkenheid en leren maken.
17	Robot gebruiken om de beginstapjes van het programma te leren.
18	Bij het ontwikkelen van 21e -eeuwse vaardigheden.
19	Om thematisch werken te bevorderen, waarbij vakoverschrijdend vraagstukken worden behandeld.
20	Een manier om metacognitief en probleemoplossend denken te bevorderen.
21	Via instructie en begeleiding waarbij leerlingen moeten worden overtuigd van hun zelfbeeld (self-efficacy).
22	Aanbieden van projecten, opdrachten en coachende vragen die het hogere-orde denken stimuleren.
23	Via STEM/STEAM
24	Door het maakonderwijs vorm en inhoud te geven.
25	Om kinderen andere manieren van oefenen/leren aan te bieden.
26	Ook in het speciaal onderwijs hiermee te werken en bijvoorbeeld kinderen met een stoornis binnen het autistisch spectrum te helpen met communicatie.
27	Om bijvoorbeeld in makonderwijs/projectonderwijs allerlei vaardigheden te oefenen.
28	In het voorzien in directe feedback.
29	Een goede manier om repeterend te oefenen.
30	Tevens bewustwording en focus op de toekomst, wat zijn mogelijkheden en kansen om robotica in te zetten. Is dat remedial teaching, is dat hulp aan kinderen met een beperking.

31	Virtual Reality en Artificial Intelligence inzetten kan meerwaarde betekenen, als context waarin het geplaatst wordt klopt.
32	Ontwikkelen van leerlijn, curriculum. Daarnaast scholing en budget.
33	Om lange afstandsleren mogelijk te maken.
34	Een manier om de brede ontwikkeling van kinderen te vergroten.
35	Een manier om kinderen al spelenderwijs bekend te maken met techniek en digitalisering.
36	Een manier om digitalisering in het onderwijs te vergroten.
37	Robotica inzetten in relatie tot onderzoekend leren om via een dergelijke pedagogische aanpak computational thinking skills bij leerlingen te ontwikkelen/naar een hoger niveau te brengen.
38	Door allerlei typen van robots en robotica in te zetten om specifieke en generieke computational thinking skills op diverse wijze te laten ervaren door leerkrachten en leerlingen.
39	Door leerlingen het verschil te laten ontdekken tussen een automaat en een autonoom functionerend apparaat.
40	Door de kinderen via eigen ervaringen en scaffolding bewust te laten worden dat een robot functies vervult, een systeem is, bestuurd kan worden, door programmering van sense-reason-act loops.
41	Door kinderen zelf robots voor bepaalde problemen of toepassingen te laten ontwerpen, bouwen, programmeren en testen.
42	Door kinderen te laten zien hoe een robot 'denkt' waardoor computational thinking spelenderwijs wordt geoefend.
43	Door het schrijven van programmaatjes voor de robot (leren programmeren).
44	De robot die controleert hoe een leerling zich voelt en deze data doorgeeft aan de leerkracht als dat nodig is.
45	De robot die leerlingen helpt bij de dag of de weekplanning.
46	De robot als remedial teacher.
47	De robot als mediator tussen kinderen die moeilijk kunnen samenwerken.
48	De robot als maatje voor een onzeker kind.
49	Interactie met leerlingen.

Bijlage B

Het selecteren van de clusters (clusterreplaymap)

Bijlage B2

Cluster Number	Clusters Merged	Assessment	Comments
15	1 + 2	Niet akkoord	Verschillende thema' s. Hoe voeren we in/wat voeren we in
14	8 + 9	Akkoord	Inzet robotica
13	11 + 12	Twijfel later akkoord	Pedagogiek/Implementatie
12	14 + 15	Twijfel later akkoord	Robot als coach en leerkracht/Planning
11	6 + 7	Twijfel later akkoord	Leerkracht training/Wat is een algoritme
10	10 + 11 + 12	Akkoord	Vakinhoud/Pedagogiek/Implementatie
9	4 + 5	Akkoord	Didactiek/Algoritme
8	13 + 14 + 15	Akkoord	Ethiek/Robot als coach en leerkracht/Planning
7	8 + 9 + 10 + 11 + 12	Akkoord	Vakinhoudelijk
6	13 + 14 + 15 + 16	Akkoord	Wat is belangrijk
5	4 + 5 + 6 + 7	Akkoord	Wat overbrengen op leerlingen

Bijlage B

Statements per cluster inclusief bridging value, gemiddelde waarde belangrijkheid en haalbaarheid

Bijlage B3

Nr	Statement	Bridging value	Belangrijkheid	Haalbaarheid
Cluster:	Implementatie	0.51	3.49	3.20
1	Te zoeken naar (dwars) verbanden tussen reguliere vakinhouden.	0.76	3.81	3.42
8	Het te koppelen aan het reguliere curriculum.	0.37	4.00	2.65
9	Het te koppelen aan specifiek gedefinieerde projecten.	0.42	3.19	3.30
19	Om thematisch werken te bevorderen, waarbij vakoverschrijdend vraagstukken worden behandeld.	0.31	3.38	3.20
23	Via STEM/STEAM	0.58	3.00	3.40
32	Ontwikkelen van leerlijn, curriculum. Daarnaast scholing en budget.	0.60	3.57	2.90
Cluster:	Missie	0.93	3.11	3.85
2	Het klein te maken en niet gelijk over te gaan op het aanschaffen van robots.	0.98	2.71	4.10
3	De discussie aan te gaan over zin en onzin van robotica.	1.00	3.00	3.75
4	Niet gelijk over te gaan op het technische aspect.	0.87	3.14	3.70
5	Niet alleen technische, maar zeker ook ethische vragen te stellen.	0.88	3.57	3.84
Cluster:	Kennis en vaardigheden	0.38	3.70	3.60
6	Leerlingen het besef te geven dat zij in staat zijn robots te programmeren.	0.46	4.30	4.10
7	Door uit te leggen dat een robot niets uit zichzelf doet.	0.85	3.33	4.20
10	Om leerlingen 2 rechterhanden te gaan ontwikkelen.	0.26	2.48	2.55
11	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerkrachten (basisschool en voortgezet onderwijs) hun kennis en ervaring met techniek op niveau te houden/brengen.	0.92	3.45	3.15
12	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerlingen (al vanaf de basisschool) kennis te laten maken met techniek.	0.15	4.14	3.05
15	Kinderen vanaf het begin betrekken bij het werken met robotica.	0.45	3.86	3.65
17	Robot gebruiken om de beginstapjes van het programma te leren.	0.13	3.81	4.10

27	Om bijvoorbeeld in makonderwijs/projectonderwijs allerlei vaardigheden te oefenen.	0.26	3.67	3.70
38	Door allerlei typen van robots en robotica in te zetten om specifieke en generieke computational thinking skills op diverse wijze te laten ervaren door leerkrachten en leerlingen.	0.38	3.71	3.15
39	Door leerlingen het verschil te laten ontdekken tussen een automaat en een autonoom functionerend apparaat.	0.35	3.38	3.65
40	Door de kinderen via eigen ervaringen en scaffolding bewust te laten worden dat een robot functies vervult, een systeem is, bestuurd kan worden, door programmering van sense-reason-act loops.	0.35	3.52	3.25
41	Door kinderen zelf robots voor bepaalde problemen of toepassingen te laten ontwerpen, bouwen, programmeren en testen.	0.47	4.05	3.55
42	Door kinderen te laten zien hoe een robot 'denkt' waardoor computational thinking spelenderwijs wordt geoefend.	0.22	4.20	4.05
43	Door het schrijven van programmaatjes voor de robot (leren programmeren).	0.07	3.90	4.20
Cluster:	Aanpak	0.26	3.64	3.34
14	Robot gebruiken om op een ludieke, interactieve manier te interesseren voor wetenschap en techniek.	0.10	3.67	3.60
16	De robots te laten maken, met als gevolg lagere kosten, hogere betrokkenheid en leren maken.	0.54	2.57	2.63
18	Bij het ontwikkelen van 21e -eeuwse vaardigheden.	0.14	3.50	3.45
20	Een manier om metacognitief en probleemoplossend denken te bevorderen.	0.20	3.95	3.40
22	Aanbieden van projecten, opdrachten en coachende vragen die het hogere-orde denken stimuleren.	0.18	3.81	2.85
24	Door het maakonderwijs vorm en inhoud te geven.	0.44	3.48	3.25
34	Een manier om de brede ontwikkeling van kinderen te vergroten.	0.14	3.90	3.26
35	Een manier om kinderen al spelenderwijs bekend te maken met techniek en digitalisering.	0.31	4.14	3.95
36	Een manier om digitalisering in het onderwijs te vergroten.	0.36	3.48	3.80
37	Robotica inzetten in relatie tot onderzoekend leren om via een dergelijke pedagogische aanpak computational thinking skills bij leerlingen te ontwikkelen/naar een hoger niveau te brengen.	0.18	3.90	3.20
Cluster:	Visie	0.18	2.98	2.51
13	Robot gebruiken om de reguliere vakken boeiender te maken.	0.36	3.19	3.00

21	Via instructie en begeleiding waarbij leerlingen moeten worden overtuigd van hun zelfbeeld (self-efficacy).	0.39	2.95	2.20
25	Om kinderen andere manieren van oefenen/leren aan te bieden.	0.17	3.70	3.40
26	Ook in het speciaal onderwijs hiermee te werken en bijvoorbeeld kinderen met een stoornis binnen het autistisch spectrum te helpen met communicatie.	0.18	3.52	2.90
28	In het voorzien in directe feedback.	0.08	3.43	3.20
29	Een goede manier om repeterend te oefenen.	0.34	3.14	3.25
30	Tevens bewustwording en focus op de toekomst, wat zijn mogelijkheden en kansen om robotica in te zetten. Is dat remedial teaching, is dat hulp aan kinderen met een beperking.	0.14	3.10	2.60
31	Virtual Reality en Artificial Intelligence inzetten kan meerwaarde betekenen, als context waarin het geplaatst wordt klopt.	0.21	3.29	2.40
33	Om lange afstandsleren mogelijk te maken.	0.37	2.62	2.65
44	De robot die controleert hoe een leerling zich voelt en deze data doorgeeft aan de leerkracht als dat nodig is.	0.10	2.29	1.70
45	De robot die leerlingen helpt bij de dag of de weekplanning.	0.02	2.43	1.80
46	De robot als remedial teacher.	0.00	2.48	1.80
47	De robot als mediator tussen kinderen die moeilijk kunnen samenwerken.	0.19	2.33	1.70
48	De robot als maatje voor een onzeker kind.	0.09	2.90	2.10
49	Interactie met leerlingen.	0.06	3.43	3.00

Bijlage B

Bijeenkomst interpretatieworkshop

Bijlage B4

Verslag interpretatieworkshop op 4 januari 2018

Plaats: dBieb Leeuwarden

Tijdstip: 10.00-12.00 uur.

Aanwezig: 2 leerkrachten, 1 onderzoeker, 1 bedrijfsmanager.

Iedereen wordt van harte welkom geheten en het doel wordt toegelicht:

1 Informatie bieden over GCM en het onderzoek aan de hand van een PowerPointpresentatie

2 Nagaan of voor het onderzoek robotica de labels de lading van de clusters dekt.

Aansluitend hebben de deelnemers de labels en statements van de clusters vergeleken.

1. Curriculum=>Implementatie	Discussie over curriculum of 'Hoe implementeren' (andere label). In eerste instantie gaat het meer om een invoering van vernieuwing/verandering. Gekozen wordt voor 'Implementatie'.
2. Verantwoording=>Missie	Inhoud cluster heeft met waarden te maken. Er wordt gekozen voor een andere label, namelijk 'Missie'.
3. Inzicht=>Kennis en vaardigheden	Er wordt gekozen voor een andere label, namelijk 'Kennis en vaardigheden'. Dit label dekt meer de lading en staat ook als (andere) label aangegeven van dit cluster.
4. Discussie=>Aanpak	Discussie is een onderdeel van de aanpak: inzet robot. Gekozen wordt voor een andere label, namelijk 'Aanpak'.
5. Middel=>Visie	'Middel' dekt niet de lading. Een lange discussie volgt. Een aantal suggesties worden gedaan, zoals: visie, missie, toekomst (andere label), mogelijkheden/kansen (andere label). Gekozen wordt voor visie: waarvoor gaan we (nu) en is ook gericht op de toekomst.

Andere opmerkingen die worden gemaakt:

Missie en visie hebben met 'waarvoor we staan' en 'waarvoor we gaan' te maken. Voordat de keuze wordt genomen om te kiezen voor de inzet van robots in het eigen onderwijs, is het van belang om de missie en visie met het gehele team te bespreken.

Bijlage B

Statements uit het boven-rechtse en onder-rechtse kwadrant

Bijlage B5

Statements in de go-zone uit het boven-rechtse kwadrant (groene gedeelte) die belangrijk en haalbaar (korte termijn) worden gevonden en statements in de go-zone uit het onder-rechtse kwadrant (gele gedeelte) die belangrijk en haalbaar (lange termijn) worden gevonden.

Bijlage

Nr	Statements uit het groene gedeelte (belangrijk en haalbaar op korte termijn)		Belangrijkheid	Haalbaarheid
Cluster:	Missie			
5	Niet alleen technische, maar zeker ook ethische vragen te stellen.		3.57	3.84
Cluster:	Kennis en vaardigheden			
6	Leerlingen het besef te geven dat zij in staat zijn robots te programmeren.		4.30	4.10
15	Kinderen vanaf het begin betrekken bij het werken met robotica.		3.86	3.65
17	Robot gebruiken om de beginstapjes van het programma te leren.		3.81	4.10
27	Om bijvoorbeeld in makonderwijs/projectonderwijs allerlei vaardigheden te oefenen.		3.67	3.70
40	Door de kinderen via eigen ervaringen en scaffolding bewust te laten worden dat een robot functies vervult, een systeem is, bestuurd kan worden, door programmering van sense-reason-act loops.		3.52	3.25
41	Door kinderen zelf robots voor bepaalde problemen of toepassingen te laten ontwerpen, bouwen, programmeren en testen.		4.05	3.55
42	Door kinderen te laten zien hoe een robot 'denkt' waardoor computational thinking spelenderwijs wordt geoefend.		4.20	4.05
43	Door het schrijven van programmaatjes voor de robot (leren programmeren).		3.90	4.20
Cluster:	Aanpak			
14	Robot gebruiken om op een ludieke, interactieve manier te interesseren voor wetenschap en techniek.		3.67	3.60
18	Bij het ontwikkelen van 21e -eeuwse vaardigheden.		3.50	3.45
20	Een manier om metacognitief en probleemoplossend denken te bevorderen.		3.95	3.40
24	Door het maakonderwijs vorm en inhoud te geven.		3.48	3.25

34	Een manier om de brede ontwikkeling van kinderen te vergroten.		3.90	3.26
35	Een manier om kinderen al spelenderwijs bekend te maken met techniek en digitalisering.		4.14	3.95
36	Een manier om digitalisering in het onderwijs te vergroten.		3.48	3.80
37	Robotica inzetten in relatie tot onderzoekend leren om via een dergelijke pedagogische aanpak computational thinking skills bij leerlingen te ontwikkelen/naar een hoger niveau te brengen.		3.90	3.20
Cluster:	Visie			
25	Om kinderen andere manieren van oefenen/leren aan te bieden.		3.70	3.40
28	In het voorzien in directe feedback.		3.43	3.20

Nr	Statements uit het gele gedeelte (belangrijk en haalbaar op lange termijn)		Belangrijkheid	Haalbaarheid
Cluster:	Implementatie			
8	Het te koppelen aan het reguliere curriculum.		4.00	2.65
32	Ontwikkelen van leerlijn, curriculum. Daarnaast scholing en budget.		3.57	2.90
Cluster:	Kennis en vaardigheden			
11	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerkrachten (basisschool en voortgezet onderwijs) hun kennis en ervaring met techniek op niveau te houden/brengen.		3.45	3.15
12	Robots (mechanisch bouwen en programmeren) gebruiken om leerlingen (al vanaf de basisschool) kennis te laten maken met techniek.		4.14	3.05
38	Door allerlei typen van robots en robotica in te zetten om specifieke en generieke computational thinking skills op diverse wijze te laten ervaren door leerkrachten en leerlingen.		3.71	3.15
Cluster:	Aanpak			
22	Aanbieden van projecten, opdrachten en coachende vragen die het hogere-orde denken stimuleren.		3.81	2.85
Cluster:	Visie			
26	Ook in het speciaal onderwijs hiermee te werken en bijvoorbeeld kinderen met een stoornis binnen het autistisch spectrum te helpen met communicatie.		3.52	2.90
49	Interactie met leerlingen.			